N° 20 31 OCTOBRE 1936

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

DIRECTEUR : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.
La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences naturelles

Les variations de la dentition chez les Primates et les théories de l'évolution dentaire.

L'ouvrage de M. Ch. Bennejeant (*Thèse de Doct. ès Sc.*, Clermont-Ferrand, 1936) compte 258 pages et 223 figures qui, pour plus de la moitié, sont originales. Sa présentation est luxueuse, son illustration parfaite, les dessins bien exécutés et les photographies excellentes. Il a donc toutes les apparences d'un ouvrage important. Cependant, cette impression favorable ne résiste pas à un contact, même superficiel, avec le texte : le style est incorrect et confus; et, comme à cela viennent s'ajouter des fautes d'impression innombrables, il est souvent très difficile de comprendre ce que l'auteur veut dire, surtout quand il quitte le domaine des faits pour passer à celui des considérations générales.

L'ouvrage de M. Ch. Bennejeant se divise en trois parties; mais, seules, la seconde et la troisième (les 3/4 du volume environ) correspondent au sujet qu'annonce le titre. L'auteur ajoute aux observations anciennes de variations et d'anomalies dentaires les cas semblables qu'il a réunis, comme on peut toujours en réunir de nombreux, quand on poursuit ses observations dans des collections abondantes. Il n'apporte guère, quant à l'interprétation des faits de vues originales et neuves, mais fait, incontestablement preuve de lectures et d'érudition.

Une belle occasion s'offrait à lui de mettre en valeur un fait nouveau et important. En avril 1935, au Congrès des Anatomistes de Montpellier, M. Friant avait montré que, chez l'*Indris* (Lémurien), les deux prémolaires existant à la mâchoire inférieure sont, non pas la 3e et la 4e comme on le croyait, mais la 2e et la 4e. Les recherches de M. Ch. Bennejeant, complètement indépendantes d'ailleurs de celles de M. Friant, avaient, peu de temps après, permis d'étendre cette conclusion à un autre Indrisidé, le Propithèque. En essayant d'exposer cette notion nouvelle, d'une limpide clarté, et d'une importance capitale au point de vue de l'évolution de la dentition des Primates, car on peut penser qu'elle s'applique à l'ensemble du groupe, M. Ch. Bennejeant est, par ses hésitations, ses réticences, ses hors-d'œuvre et ses retours sur lui-même, parvenu à l'obscurcir tellement que son immense portée disparaît.

Quoi qu'il en soit, le travail témoigne d'un louable effort. Débarrassé de tout ce qui dépasse le domaine de l'observation, il constitue une somme de matériaux qu'il n'était pas inutile de rassembler et dont pourront certainement tirer parti des biologistes préparés aux difficultés de la synthèse.

M. Ch. Bennejeant ne s'est pas limité aux seules descriptions que comportait son sujet : il a cru devoir faire précéder son exposé des faits d'une introduction d'allure générale.

Dans sa revue d'ensemble des parentés dentaires des Primates, ce qu'on peut beaucoup plus lui reprocher qu'un manque d'érudition, bien que dans son texte se soient glissées quelques inexactituddes matérielles que je ne relèverai pas, au moins ici, c'est un défaut de sens critique. Un seul exemple : En 1926,

Teilhard de Chardin avait décrit, de l'Eocène inférieur de Belgique, un Tarsiidé qu'il avait rapproché des *Omomys* américains; mais, son *Omomys belgicus* différait des autres *Omomys* par un caractère capital : au lieu de posséder seulement deux incisives au maxillaire inférieur, il en possédait 3, ce qu'on n'avait jamais vu chez aucun Primate et qui établissait une transition avec les Insectivores dont les Primates dériveraient. A vrai dire, Teilhard de Chardin n'avait signalé ce fait vraiment sensationnel que d'une manière dubitative. Et c'est justement ce qui, l'an dernier, a incité M. Friant à recommencer ses observations, au Musée Royal d'Histoire naturelle de Belgique, sur les pièces originales. Elle est arrivée à conclure que le maxillaire inférieur sur lequel s'était fondé Teilhard de Chardin est indiscutablement celui d'un Insectivore, comparable à nos *Centetoidea* actuels, ce pourquoi il porte 3 incisives inférieures. M. Ch. Bennejeant qui connaissait et le travail original de Teilhard de Chardin, (et par conséquent ses hésitations), et la note de M. Friant, et qui les avait certainement lus puisqu'il les cite dans sa bibliographie, attribue fermement 3 incisives inférieures à l'*Omomys belgicus* et tire de cette notion maintenant démontrée erronée les conséquences importantes qu'aurait impliqué le fait s'il eût été exact.

Mais, ce qui m'intéresse surtout dans le travail de M. Ch. Bennejeant, ce sont ses 26 premières pages où il expose et critique les « théories phylogénétiques dentaires ». Qu'il les *expose*, c'est beaucoup dire, car son *exposé* du trituberculisme ne paraît pas susceptible d'en donner la moindre idée. Qu'il les *critique* c'est plus dire encore!

En ce qui concerne le trituberculisme, il déclare s'y rallier. On aimerait savoir pourquoi! Est-ce parce que c'est le point de vue le plus généralement accepté? Est-ce parce qu'il nous vient d'Amérique?

Et quant à ce qui est de la théorie que nous avons essayé d'établir, il la rejette pour deux raisons : 1° parce qu'à l'étude paléontologique sérieuse des trituberculistes nous opposons seulement un essai peu satisfaisant, ce qui veut dire sans doute que nous avançons une théorie sans l'appuyer sur l'ensemble de recherches précises que toute théorie doit avoir pour fondement. 2° parce qu'il n'est pas possible que les Multituberculés mésozoïques soient, *comme nous le prétendons*, les ancêtres des Euthériens.

C'est seulement parce que je me suis donné pour règle de ne laisser échapper aucune occasion de développer et de préciser sur quelque point ma critique du trituberculisme que je n'ai pas passé sous silence, *pour totalement inexactes qu'elles soient*, ces assertions d'un auteur dont l'ouvrage ne me paraît pas pouvoir contribuer, au moins directement, au progrès de la synthèse. J'attire donc sur les points suivants l'attention des biologistes capables de s'intéresser utilement à la question des théories dentaires.

1° Le trituberculisme se fonde sur une immense documentation paléontologique portant sur un demi siècle.

Notre conception de l'évolution dentaire s'appuie, sur un ensemble de recherches précises qui ont fait depuis 1933, date du travail initial de M. Friant, l'objet de 40 notes ou mémoires environ, plus les deux premières des trois parties d'un ouvrage qui paraît en librairie (Théorie de la Dentition jugale mammalienne. *Exposés d'Anatomie comparée. Actualités scientifiques et industrielles*, n°s 311 et 372, Paris, Hermann, 1935 et 1936). Certaines de ces publications ont été consacrées à la description et à l'interprétation de dispositions morphologiques dentaires inédites, soit chez les Mammifères fossiles, soit chez les Mammifères actuels; dans certaines autres, nous avons repris les descriptions des paléontologistes pour en modifier et en redresser les conclusions; dans d'autres enfin, nous nous sommes attachés à étudier en détails, et, cela aussi bien chez les fossiles que chez les actuels, le développement embryologique des formes dentaires, ce que les trituberculistes ont toujours négligé de faire et qui est, à mon avis, une des principales causes de leur erreur. Si M. Ch. Bennejeant a cru pouvoir dire qu'entre le trituberculisme et notre théorie « *il y a toute la différence d'une étude paléontologique sérieuse à un essai peu satisfaisant* », c'est sans doute, tout d'abord, parce qu'il n'a point fait état de nos recherches originales postérieures à 1933 dont les résultats ont été publiés dans les périodiques les plus répandus non seulement de la France mais de l'étranger et qui constituent de beaucoup la partie la plus importante du dossier que nous produisons. Il ne cite même pas ces recherches dans sa bibliographie, étrange omission de la part d'un auteur si bien au courant de la littérature. Mais, c'est aussi parce qu'il est certaines distinctions qui lui échappent, à savoir par exemple qu'il est plus important d'avoir interprété correctement un fait que de l'avoir décrit pour la première fois. C'est aussi parce qu'il ne saisit certainement pas quel très grand progrès réalise le fait d'avoir introduit en Paléontologie l'étude systématique et méthodique des formes et des stades de développement dentaire.

2° Il existe entre les trituberculistes et nous une différence de point de vue qui est essentielle.

Les trituberculistes sont des phylogénistes au sens le plus réel du terme. Le but qu'ils ont poursuivi et qu'ils poursuivent, qu'ils prétendent d'ailleurs avoir atteint, est la reconstitution de l'évolution dentaire *telle qu'elle s'est faite, effectivement*, au cours du temps.

Nous, au contraire, nous essayons de nous rendre compte *comment et par quels processus a pu se faire l'évolution dentaire* dont nous constatons les résultats; en d'autres termes, notre but a été d'établir une *théorie de l'évolution dentaire* en nous inspirant expressément de la définition de la théorie sur laquelle tout le monde est et doit être d'accord.

Ce point de vue a, depuis le début, présidé à toutes

nos recherches; il domine tous nos travaux, y compris le travail initial de M. Friant en 1933, comme on peut s'en rendre compte en en lisant l'introduction et les conclusions. Nous ne voulons donc point dire, comme le croit et l'affirme M. Ch. Bennejeant, que les Multituberculés mésozoïques sont les ancêtres des Mammifères placentaires. Nous ne pensons même pas qu'ils puissent l'avoir été; mais, comme nous le montrerons dans le troisième et dernier fascicule de notre ouvrage en cours de publication, lequel fascicule est consacré à une critique méthodique du trituberculisme, c'est pour de tout autres raisons que celles qu'on fait valoir généralement. Nous notons simplement que chez ces Mammifères, les plus anciens de tous ceux qu'on connaisse, le caractère fondamental de la molaire mammalienne (3 rangées de tubercules aux molaires supérieures, 2 rangées seulement aux molaires inférieures) existe dans toute sa netteté.

Une certaine culture philosophique et littéraire est peut-être indispensable pour apprécier exactement ce qui nous sépare des trituberculistes avant même toute discussion quant à l'interprétation des faits. Quoi qu'il en soit, M. G.-G. Simpson, à qui pourtant eussent pu échapper sans qu'on ait à lui en tenir rigueur, certaines finesses de la langue française, a entouré de plus de prudence les critiques qu'il a bien voulu nous faire : il se demande, en effet, si M. Friant, en 1933, a voulu dire que les Multituberculés étaient en fait les ancêtres des Mammifères ultérieurs, ou si elle a simplement voulu dire que la structure de leurs molaires représentait un achétype. Il est en effet bien certain que le langage est surtout adapté aux conceptions réalistes et qu'il est à la fois une difficulté d'expression pour l'auteur qui veut se dégager de ces conceptions et de compréhension pour le lecteur qui, surtout s'il est paléontologiste, ne s'attend pas à une telle attitude. C'est pourquoi nous avons cru devoir, dans notre ouvrage d'ensemble actuellement en cours de publication, préciser notre point de vue, le développer en détails en faisant état d'arguments d'ordre philosophique qui n'auraient point été à leur place dans des travaux spéciaux d'anatomie.

Pour qu'une discussion soit profitable, il est de toute évidence qu'il faut avant tout qu'elle soit bien dirigée. Aussi me permettrai-je d'indiquer les deux points sur lesquels je voudrais attirer l'argumentation des biologistes et des anatomistes.

1° Nous pensons que la phylogénie réelle est en elle-même un but impossible à atteindre; qu'on ne peut pas et qu'on ne pourra jamais dire, quels que soient le nombre et la qualité des documents paléontologiques dont on dispose, *tel animal est l'ancêtre de tel autre animal.* Cette idée me paraît l'expression du bon sens le plus élémentaire. J'aimerais qu'on essayât de la réfuter. Point n'est besoin pour cela de longs développements ni de nombreux exemples, une page de style clair suffirait.

2° Nous soutenons que le type dentaire trituberculaire, loin de se présenter comme un type morphologique originel s'affirme, partout où il existe, comme un type de régression. Nous avons longuement développé cette manière de voir et l'avons appuyée sur un ensemble d'arguments tirés de l'examen et de la comparaison de nombreuses formes dentaires tant fossiles qu'actuelles. J'aimerais qu'on démontrât que nous avons tort.

Il me semble aller de soi que si on est obligé de nous donner raison sur les deux points que je viens de préciser, il ne peut plus être question du trituberculisme, ni quant à son principe directeur, ni quant à ses conclusions.

Tout ce que je viens de dire montre assez clairement, je crois, que, dans le problème qui se pose et le débat qui se poursuit le point de vue qui domine et qui commande est celui de la Biologie générale et même de la Philosophie première. Ce n'est pas seulement avec des découvertes paléontologiques, des descriptions précises, même des recherches poussées très loin dans le domaine de l'Anatomie ou de l'Embryologie que l'on peut résoudre la question de l'évolution morphologique dentaire. Les faits sont sans doute la base de tout essai de synthèse, et, considérés en eux-mêmes, ils doivent être de qualité; mais ils réclament une élaboration à laquelle seuls peuvent se risquer ceux qui ont l'habitude du maniement des idées générales. Quant à ceux qui n'ont pas cette habitude si longue à acquérir, le seul rôle, très utile d'ailleurs, qu'ils aient à remplir est de rassembler des matériaux de science.

R. ANTHONY,
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle de Paris.

⁂

Premiers résultats de la Mission R. Furon en Iran.

Notre collaborateur, M. R. Furon, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Téhéran, Chargé de Mission par le Gouvernement Iranien et par le Museum National d'histoire naturelle de Paris, vient de rentrer à Téhéran après avoir visité la moitié Nord de la Perse, du Kurdistan quasi inconnu au Khorassan.

L'exploration géographique et géologique de l'itinéraire Yezd-Meched, à travers les grands Kévirs ou déserts de sel est d'un intérêt particulier. M. Furon y a découvert les ruines d'une ancienne chaîne hercynienne, alignée Nord-Sud et faisant suite à l'Oural; des calcaires à Fusulinidés sont surmontés de couches détritiques à charbon attribuées au Lias. Le tout a été recouvert par des sédiments crétacés et tertiaires. Cette orogénie ancienne aurait une influence considérable sur l'évolutiion des chaînes et du plateau de l'Iran.

M. B.

REVUE D'HYDRAULIQUE

Préambule.

La contribution de la science et de la technique françaises aux progrès de l'Hydraulique et au développement de ses applications est considérable.

Est-il besoin de rappeler l'œuvre des Pascal, Bélidor, du Buat, Bazin, Rateau, et, à l'heure actuelle encore, celle des nombreux et éminents Savants et Ingénieurs français qui se consacrent au développement de cette branche de l'activité humaine?

Et cependant, leurs travaux, malgré toute leur valeur, sont trop souvent inconnus en dehors de nos frontières. L'étranger est ainsi enclin à nous attribuer une infériorité et une inertie qui ne correspondent en rien aux réalités. Son opinion à cet égard ne fait aucun doute pour tous ceux qui ont été appelés à assister à des Congrès Internationaux. Les savants étrangers les mieux informés, voire même les mieux disposés à notre égard, déplorent l'ignorance dans laquelle nous les laissons de nos recherches, et notre « méthode de travail en chambre noire », selon la pittoresque expression que nous entendîmes un jour employer par l'un d'eux.

Et quelle surprise n'éprouve-t-on pas lorsque, dans un ouvrage américain consacré à la description des laboratoires hydrauliques européens, ouvrage en apparence très complet et abondamment documenté, on voit figurer la France sous « état néant »...

Ce n'est d'ailleurs pas seulement à l'étranger que l'œuvre de nos laboratoires est méconnue. Combien de nos compatriotes, en dehors du petit nombre de spécialistes directement intéressés à ces questions, connaissent le Laboratoire de BEAUVERT à GRENOBLE, et savent que, — de l'avis même d'un éminent savant allemand que nous y avons récemment conduit — il est l'un des plus importants et des mieux aménagés d'Europe? Combien connaissent le Laboratoire du SAULCY, à METZ, consacré à l'hydraulique fluviale? C'est cependant dans ce Laboratoire du SAULCY que revint travailler, après une visite comparative de tous les laboratoires européens, un officier de l'armée américaine, chargé par son Gouvernement d'effectuer des recherches hydrauliques dans celui des laboratoires du continent qui lui paraîtrait le mieux outillé pour ces travaux.

Cette méconnaissance est d'autant plus surprenante et regrettable qu'indépendamment des travaux des ses savants dont nous évoquons ci-dessus certains noms, la France, grâce au génie des pionniers qu'ont été Bergès, Fredet, Matussière, Marcel Deprez, a vu la première application du transport de force à distance et est ainsi considérée comme ayant été le véritable berceau de la *houille blanche*.

On ne saurait oublier aussi que notre Pays occupe dans le monde le troisième rang au point de vue des ressources en énergie hydraulique et que, dans son économie nationale, cette branche de l'activité exerce un rôle prépondérant grâce à l'importance des capitaux qui y sont investis : 12 à 15 milliards de francs en 1935.

Nous considérons donc comme une particulière bonne fortune de pouvoir, par la présente revue, donner à l'élite scientifique que constituent les lecteurs de la *Revue Générale des Sciences* un rapide aperçu des moyens d'action dont nous disposons à l'heure actuelle en France, dans le domaine de l'hydraulique, et les résultats des récents travaux effectués tant dans le domaine scientifique que dans celui des réalisations pratiques.

Le magnifique développement de notre industrie hydro-électrique explique que le besoin se soit fait rapidement sentir d'étudier d'une façon systématique les différents problèmes qui se posaient journellement.

Il fallait pour mener à bien cette étude une organisation puissante et centralisatrice; c'est ce but qu'ont poursuivi — et réalisé — les créateurs de la Société Hydrotechnique de France.

Etant donné le rôle essentiel joué par celle-ci dans les progrès de l'hydraulique, étant donné que cette organisation, qui n'a pas sa pareille à l'étranger, est une des réalisations françaises dont notre

Pays a lieu d'être fier, nous croyons utile de donner sur elle des renseignements assez complets.

La Société Hydrotechnique de France.

La Société Hydrotechnique de France, fondée en 1912, succéda à la « Commission des Turbines » créée par la Chambre syndicale des Forces Hydrauliques, au lendemain du premier congrès de la houille blanche, en 1902.

Son objet est d'étudier toutes questions, de procéder à toutes recherches et expériences relatives à l'hydraulique, notamment à l'utilisation la meilleure, la plus sûre et la plus économique des chutes d'eau.

A côté de son Conseil d'Administration qui en assure la gestion, cette Société est essentiellement animée par son Comité technique qui possède, avec le droit de désigner lui-même ses Membres, une complète indépendance en tout ce qui n'engage ni les finances ni la responsabilité morale de la Société.

Ce Comité technique réunit des industriels utilisant l'énergie hydraulique, les ingénieurs, les savants qui se consacrent avec un dévouement et un désintéressement absolus à l'étude de tout ce qui touche à la « science de l'eau ».

En vue d'assurer une meilleure organisation de ses travaux, le Comité technique a constitué en 1929 trois sections permanentes : hydraulique générale; hydraulique fluviale et génie civil; machines.

Enfin, sur la demande du Ministère des Travaux Publics et de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, et pour répondre à des vœux émis par divers congrès internationaux, la Société Hydrotechnique de France a constitué le COMITÉ FRANÇAIS DES GRANDS BARRAGES.

Chacune des sections que nous venons d'énumérer, se réunit périodiquement pour étudier les questions qui lui sont spécialement réservées. Les études ainsi effectuées en commissions sont résumées au cours des séances plénières du Comité technique qui en tire les conclusions utiles et arrête le programme des recherches expérimentales qui peuvent éventuellement paraître nécessaires.

Ces diverses réunions donnent lieu à la publication dans la *Revue Générale de l'Hydraulique* de procès-verbaux qui exposent les questions examinées et provoquent des comunications des lecteurs apportant aux études en cours leurs observations personnelles.

Sont en outre, quand il y a lieu, publiés en annexes aux procès-verbaux les travaux les plus importants.

Les organismes dont dispose le Comité technique pour les études, recherches et essais, sont les Laboratoires de BEAUVERT, à Grenoble, et du SAULCY, à Metz, et le Service d'Essais et de Contrôle Permanent.

Nous devons en outre signaler, indépendamment de ceux de BEAUVERT et du SAULCY, tous deux propriété de la Société Hydrotechnique de France, les laboratoires hydrauliques d'Université, dont les directeurs, membres du Comité technique, ne manquent pas d'apporter, aux travaux de ce dernier, le précieux appoint de leurs recherches personnelles.

Ces recherches sont d'ailleurs souvent entreprises sur la demande du Comité technique, qui assure ainsi un rôle de centralisation et de coordination de toutes les études hydrauliques françaises, rôle essentiellement utile, et que seule pouvait assumer une organisation groupant les plus éminentes compétences du Pays.

Enfin, nous indiquerons que la Société Hydrotechnique de France a l'honneur de représenter la Science et la Technique Hydrauliques Françaises dans les Congrès Internationaux aux travaux desquels elle participe activement.

Laboratoire de Beauvert.

Le laboratoire de BEAUVERT construit en 1920 par la Société Hydrotechnique de France fut destiné à la fois à des études scientifiques en matière hydraulique et à l'étude des réalisations purement industrielles. Il répond donc à la nécessité si impérieuse de liaison entre la Science pure et l'Industrie.

Largement dimensionné en vue de permettre la construction de modèles d'essais de grandeur suffisante, il comporte un équipement très important; il a beaucoup contribué à créer un mouvement en faveur de l'expérimentation sur modèles réduits dont la nécessité est aujourd'hui reconnue par l'unanimité des Ingénieurs spécialisés dans les constructions hydrauliques (fig. 1).

En fait, depuis sa création, le Laboratoire de BEAUVERT, indépendamment des recherches scientifiques, a effectué, pour le compte des Industriels et des grandes Administrations techniques, de multiples essais. Parmi ces travaux, à côté des études de pertes de charge dans les conduites forcées lisses, ondulées, incrustées, déterminations de coefficients de débit de tuyères, fonctionnant à écoulement libre ou à orifices noyés, des mises au point de normalisation des compteurs Venturi, des diffuseurs, etc., il faut encore citer : les tarages de moulinets et de tubes de Pitot-Darcy, l'étalonnage de tuyères Piette et de manomètres métalliques, les mesures des pertes de charge dans les

collecteurs d'alimentation de turbines; l'étude de robinets-vannes, de vannes papillons, et de cheminées d'équilibre à étranglement, de cheminées différentielles, des essais de turbines nouvelles, des essais d'amortisseurs de coups de bélier, des études de canaux souterrains, de barrages, d'affouillements de déversoirs, de passes à poissons, etc.

Les inventeurs trouvent également au Laboratoire de BEAUVERT la possibilité d'effectuer eux-mêmes les essais de leurs appareils en recourant au besoin à l'aide du personnel spécialisé attaché à cet organisme.



Fig. 1. — Vue générale du Laboratoire de *Beauvert*.

Citons parmi son équipement les trois chutes artificielles dont les hauteurs respectives sont de 1 m. 20 à 4 m., 8 m. et 200 m., une installation pour l'étude des pertes de charge dans les conduites forcées, deux canaux de 100 m. de longueur aménagés pour l'étude des écoulements de l'eau et les mesures de débits.

La question du tarage des moulinets en eau calme a été tout particulièrement approfondie, et pour appliquer cette méthode la Société Hydrotechnique de France a fait établir un chariot spécial qui est sans conteste le plus perfectionné de tous ceux qui existent à l'heure actuelle et sur la contruction duquel nous donnerons quelques détails.

Un chariot porte-moulinets (fig. 2) se déplace sur des rails le long d'un canal de 90 m. ayant 2 m. de largeur et 1 m. 20 de profondeur. Un guidage spécial, à très faible jeu, assure un déplacement parfaitement linéaire de l'ensemble.

On enregistre électriquement, d'une part, les distances parcourues, d'autre part, les nombres de tours des moulinets et les temps. Des barres de cuivre sont, dans ce but, disposées le long du canal. Pour permettre la mesure des distances parcourues par le chariot des contacts électriques sont provoqués soit pour les moyennes et fortes vitesses, par un levier basculant porté par le chariot et venant buter sur des cornières placées le long de la voie, soit, pour les faibles vitesses, par des segments montés sur la jante d'une roue du chariot.

L'entraînement du chariot se fait par câble souple convenablement tendu et assurant un déplacement à vitesse constante. Ce câble est actionné par un groupe électrique disposé à une extrémité du canal.

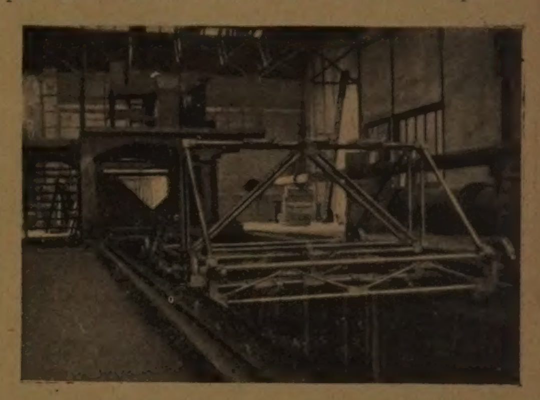


Fig. 2. — Chariot de l'installation de tarage de moulinets du Laboratoire de *Beauvert*.

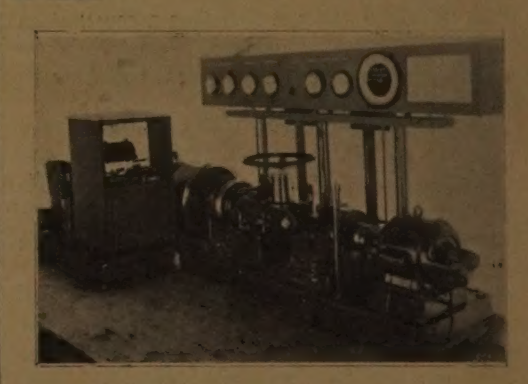


Fig. 3. — Machinerie de commande du chariot (représenté sur la figure 2.

Le réglage de la vitesse s'effectue de façon très précise. Le dispositif (fig. 3) comprend : un moteur électrique entraînant une pompe à huile. débitant elle-même dans un moteur à huile comprimée. On conçoit que, par un jeu de vannes on puisse obtenir un réglage de la vitesse du moteur dans de très larges limites, et avec une grande précision. Un changement de vitesse à engrenages est adjoint à ce système de telle sorte que l'on peut réaliser une vitesse du chariot comprise entre quelques centimètres par seconde et 5 mètres par seconde.

Des accouplements électro-magnétiques et des freins assurent la mise en marche et le freinage du chariot dans les meilleures conditions de sécurité.

La mesure des temps est faite par un pendule battant la seconde ou la demi-seconde. L'enregistrement des temps, nombres de tours de l'hélice des moulinets, et distance parcourue par le chariot, se fait sur un chronographe enregistreur à bande de papier.

Laboratoire du Saulcy.

Le Laboratoire du SAULCY à Metz, de la Société hydrotechnique de France, fut créé en 1924 en vue de recherches d'hydraulique fluviale, et en particulier d'études sur le double profil à donner au Grand Canal d'Alsace.

Son alimentation en eau est assurée par la Moselle. Il comporte (fig. 4) un canal d'expériences de 6 m. de largeur et de 200 m. de longueur avec deux déversoirs métalliques de largeur variable,

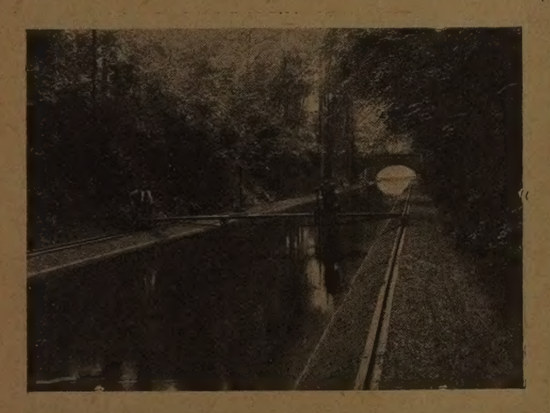


Fig. 4. — Laboratoire du SAULCY.
Vue du grand canal d'essais.

chambre de tranquillisation, guérite à parois de verre pour abriter les appareils de mesure des niveaux.

Pour les expériences sur le débit solide des cours d'eau il a été également construit un canal en béton de 1 m. 20 de largeur, de 0 m. 95 de hauteur et de 40 m. de longueur. L'alimentation en est assurée par des pompes ayant des débits respectifs de 50 et 100 l./sec.

Le Laboratoire du SAULCY a poursuivi des études particulièrement détaillées sur les canaux à profil complexe et sur les conditions d'écoulement dans les fleuves.

Service d'essais et de contrôle permanent des installations hydrauliques et des barrages.

On peut dire qu'à l'heure actuelle, sont déjà équipées la plupart des installations hydro-électriques de réalisation facile; de telle sorte que l'on se trouvera dans l'avenir en présence d'aménagements de plus en plus coûteux.

Il semble donc opportun, avant de construire de nouvelles installations, de tirer le meilleur parti possible de celles existant déjà.

Deux moyens existent pour réaliser cette condition.

Le premier, sur lequel nous ne nous étendrons pas, consiste à augmenter l'équipement des anciennes installations qui, très souvent, ont été établies en sous-estimant le débit maximum dérivable par les ouvrages hydrauliques qu'on ne pourrait modifier sans engager des sommes exagérées (canaux ou galeries d'amenée, conduites forcées, etc.).

Nous avons de nombreux exemples où cette augmentation de puissance a été obtenue par la simple installation de nouveaux groupes sans aucune transformation des ouvrages. Dans d'autres cas, ont été nécessaires de très minimes et peu coûteuses modifications de la prise d'eau, du canal de fuite, etc.

Le second facteur sur lequel on peut agir pour améliorer l'utilisation des Usines hydro-électriques, et qui est de beaucoup le plus important, est le *rendement*.

Il est de la plus grande importance, non seulement d'obtenir, pour les différentes parties des installations, des rendements aussi élevés que possible, mais encore d'en assurer le maintien.

On ne se contentera donc pas de remplacer les machines d'un type ancien par des turbines modernes, mais on s'attachera à surveiller en permanence le rendement de ces dernières.

Il semble, en effet, très paradoxal d'imposer aux constructeurs des rendements de plus en plus élevés, en leur appliquant de lourdes pénalités pour des déficits de quelques fractions de points constatés lors des essais de réception, puis de se désintéresser de la diminution du rendement causée par l'usure des organes.

Or, cette usure peut être extrêmement rapide; nous avons vu des turbines perdre jusqu'à 10 et 12 % de leur rendement initial en quelques semaines de travail sous des eaux très corrodantes. Il y a, d'ailleurs, lieu de remarquer que cette diminution de rendement n'est, la plupart du temps, pas décelée par une diminution corrélative de la puissance développée, car l'usure ayant pour

effet d'agrandir les passages de l'eau, il se produit une compensation par suite de l'augmentation du débit absorbé par la turbine.

Les considérations précédentes ont amené la Société Hydrotechnique de France à créer un Service d'Essais et de Contrôle Permanent des installations hydrauliques, tel qu'il n'en existe actuellement dans aucun autre pays.

Nous croyons donc intéressant de donner quelques détails sur cette Organisation et sur les services qu'elle a déjà rendus.

Le Service d'Essais et de Contrôle Permanent fonctionne effectivement depuis le début de 1927. La plupart des Usines hydrauliques de quelque importance figurent parmi ses abonnés. La puissance totale des installations adhérentes s'élève à l'heure actuelle, à près de 2 millions de chevaux, répartis sur 550 turbines environ. Les Ingénieurs du Service passent périodiquement dans les Usines et procèdent aux mesures de rendement, soit sur l'ensemble des turbines, soit, lorsque le permettent les conditions d'exploitation, sur chacune des machines séparément. Les mesures sont, si possible, répétées assez fréquemment pour que l'on puisse suivre l'allure de la courbe de la variation du rendement en fonction du temps et procéder, au moment opportun, au remplacement des organes usés et à l'entretien méthodique des diverses parties de l'installation (dragage des canaux d'amenée, de fuite, etc.).

Les essais effectués depuis la création du Service ont accusé des rendements compris entre 41 et 94 %, la première valeur relevée sur une turbine tournant presque sans entretien depuis 20 ans, la seconde mesurée pendant les récents essais de réception d'une machine neuve de très grande puissance.

En faisant la moyenne des résultats obtenus au cours d'une année on a pu, pour l'ensemble des Usines contrôlées, évaluer le gain de puissance rendu possible par les indications et conseils donnés par le Service d'Essais à 180.000 CV environ.

Il est intéressant de remarquer que, s'il avait fallu construire des usines nouvelles pour produire cette puissance, les capitaux engagés, évalués au taux moyen de 2.500 fr. le cheval installé, auraient atteint la somme de 450 millions de francs.

Or, cette augmentation considérable de puissance a été obtenue au moyen de frais relativement très réduits, qui doivent être comptés comme simples dépenses d'entretien. Nous citerons, à titre d'exemple, une usine dont nous avons montré que l'on pouvait augmenter de 20 % la production annuelle en remplaçant les organes usés et en réduisant les pertes de charge dans les ouvrages d'amenée par un dragage du canal et par l'enlèvement d'un bloc de rocher provoquant un étranglement à l'entrée du canal.

Il semblerait que la crise actuelle, en raison de la surproduction de l'énergie hydro-électrique qu'elle entraîne puisse avoir pour effet de rendre momentanément moins importante la question des hauts rendements.

A cette façon de voir, il est juste d'objecter tout d'abord qu'il existe de nombreuses usines hydrauliques pour lesquelles il est essentiel d'utiliser de la façon la plus rationnelle l'eau dont elles disposent, soit qu'elles aient un étiage prolongé, soit qu'elles comportent des réserves limitées.

D'autre part, il peut paraître opportun de profiter de la période actuelle pour mettre, progressivement et avec le minimum de frais, les installations hydrauliques en état de fournir dans les meilleures conditions l'énergie qui sera nécessaire au moment de la reprise générale de l'activité économique, reprise qu'il faut espérer d'autant plus prochaine que la crise s'est prolongée plus longtemps.

D'ailleurs, indépendamment des mesures de rendement, le Service d'Essais procède à la vérification et à l'étalonnage périodiques de tous les appareils de mesure — électriques, hydrauliques, mécaniques — des stations centrales, et assure le contrôle du fonctionnement des divers appareils de sécurité, régulateurs, limiteurs d'emballement, vannes d'arrêt automatiques, etc.

L'efficacité de ce dernier contrôle est attestée par le fait que les plus importantes compagnies d'assurances accordent une réduction de leur prime annuelle aux usines hydrauliques assurées contre « le bris de machines » qui sont en même temps abonnées au Service d'Essais. Cet avantage est consenti en raison de l'accroissement de sécurité qui résulte des vérifications périodiques. Il est fort appréciable, puisque, en certains cas, la réduction appliquée à la prime d'assurance peut atteindre l'ordre de grandeur du montant annuel de l'abonnement à cet Organisme dont les services deviennent alors à peu près gratuits.
l'abonnement à cet organisme dont les services est spécialement organisé pour effectuer les essais complets de mise en service et de réception des usines hydro-électriques. En dehors de la vérification des clauses garanties aux différents cahiers des charges, ces essais présentent l'avantage de fournir des indications précises sur chacun des éléments de l'installation, ce qui est d'un très précieux enseignement pour l'exploitation.

En raison de la précision des mesures requises par l'importance des intérêts en jeu, des dangers présentés par ces essais qui ont pour but de vérifier que le matériel — qui peut n'être pas encore

définitivement au point — est susceptible de supporter les plus durs régimes prévus en cours d'exploitation, il est nécessaire de disposer d'un matériel considérable d'instruments de précision, et d'un personnel entraîné de très longue date, possédant une très grande expérience de tous les incidents qui peuvent survenir en pareilles circonstances.

Cette organisation étant la seule qui soit spécialisée dans ce genre d'opérations, elle a, à de très rares exceptions près, procédé à la réception de toutes les centrales hydrauliques françaises mises en service depuis sa création. Parmi les dernières et les plus importantes, nous citerons les Usines de Kembs et de la Truyère (Brommat et Sarrans) qui ont d'ailleurs, à la suite de ces essais, adhéré au Service d'Essais et de Contrôle Permanent.

Son action n'est d'ailleurs pas limitée à la France.

Il a, en effet, à différentes reprises été appelé à l'étranger pour procéder à des mises en service particulièrement délicates, effectuer des essais de réception, participer à la création d'organismes analogues à celui du Service d'Essais, etc.

Enfin, sur les instances et avec les très précieux conseils des plus éminents spécialistes de l'Administration et de l'Industrie, un service spécial pour le contrôle des barrages a été créé récemment et doté de l'outillage de haute précision nécessaire.

Il a déjà procédé aux mesures de déformation, lors de leur mise en eau, d'importants ouvrages. Il assure le contrôle périodique de certains d'entre eux, en suivant leurs déformations, la quantité et la résistivité des eaux de fuite, la température de l'eau de la retenue, etc., en vérifiant le fonctionnement des appareils de sécurité.

De récentes et terribles catastrophes survenues à l'étranger ont malheureusement appelé l'attention sur la nécessité impérieuse de contrôler en permanence le maintien en bon état des ouvrages de retenue des grands réservoirs.

Elles ont en même temps fourni une preuve de la clairvoyance de ceux qui n'ont pas attendu qu'elles surviennent pour concevoir l'intérêt de ce nouveau Service à en réclamer et en faciliter l'organisation.

Nous ajouterons qu'indépendamment de tous les essais dont nous venons de parler et qui présentent un intérêt essentiellement pratique, le Service d'Essais et de Contrôle Permanent de la Société Hydrotechnique de France effectue des mesures ayant pour but de vérifier expérimentalement certaines données théoriques, de contrôler l'exactitude des coefficients empiriquement fixés.

Les installations des usines hydrauliques constituent, en effet, un champ de recherches des plus vastes et des plus fructueux.

Les expériences que l'on peut y faire sur les modèles « en vraie grandeur », complètent très heureusement celles effectuées en laboratoires sur modèles réduits.

Ce n'est qu'en multipliant les mesures à échelles très différentes, que l'on pourra établir de façon certaine les conditions d'application de la théorie de similitude dont l'emploi s'avère de plus en plus fécond.

Revue des principaux travaux et recherches récentes dans le domaine de l'hydraulique.

La plupart des recherches et des travaux scientifiques effectués en France dans le domaine de l'hydraulique depuis un certain nombre d'années ont été réalisés sous l'égide de la Société Hydrotechnique de France ou ont fait l'objet de communications à son Comité technique.

Pour donner à nos lecteurs une idée des travaux effectués dans le domaine qui fait l'objet de la présente étude, il nous suffit donc de nous reporter aux comptes rendus des travaux du Comité technique en nous bornant à ceux qui nous paraissent les plus marquants.

Cahier des charges.

Une des premières études entreprises par cette organisation a été l'élaboration d'un certain nombre de réglementations concernant soit la fourniture du matériel soit l'exécution des mesures hydrauliques.

C'est ainsi qu'ont été successivement mis au point les cahiers de charges des turbines hydrauliques, des groupes électrogènes, des pompes, des conduites forcées en ciment armé, des conduites forcées en métal.

Nous ferons une mention particulière de ce dernier qui a récemment fait l'objet d'une longue et minutieuse étude. Les prescriptions qu'il comporte ont trait aux différentes caractéristiques mécaniques des tuyaux, ainsi qu'à leurs caractéristiques hydrauliques. On sait que le passage de l'eau à travers une tuyauterie donne lieu à une perte de charge entraînant une perte d'énergie plus ou moins considérable. Il importe donc, si l'on veut assurer à cette partie de l'installation un rendement optimum, de déterminer judicieusement la section de la conduite en tenant compte, bien entendu, de son prix de revient.

On conçoit qu'il existe une section dite « section économique » pour laquelle il y a en quelque sorte

compensation entre la réduction des pertes de charge obtenue par l'agrandissement de la conduite, et l'augmentation corrélative des frais d'amortissement.

Nous saisissons cette occasion de dire que, si cette considération a une grande importance dans le cas des usines hydro-électriques, son intérêt est encore plus grand lorsqu'il s'agit d'installations de refoulement, stations de pompage, etc.

Or si, à l'heure actuelle aucune commande de conduite forcée n'est passée sans que des prescriptions très formelles soient édictées pour les pertes de charge, il en est tout différement lorsqu'il s'agit de distributions d'eau sous pression. A part quelques rares exceptions, les cahiers des charges de ce genre d'installations sont toujours muets sur ce point absolument capital.

Il en résulte un gaspillage d'énergie tellement considérable que l'on doit exprimer le vœu très ferme de voir enfin attribuer à cette question toute l'importance qu'elle comporte.

Code d'essais des installations hydrauliques.

Il a semblé à la Société Hydrotechnique de France qu'il convenait de réunir dans un code applicable en France toutes les prescriptions nécessaires pour unifier les modes d'application des différentes méthodes de mesures hydrauliques, méthodes extrêmement complexes et reposant sur des principes très divers.

Il importait en effet d'en fixer la limite d'emploi et de préciser les conditions dans lesquelles elles doivent être mises en œuvre.

Ce code a fait l'objet d'une étude longue et minutieuse : le texte de sa première édition a été homologué par le Comité technique de la Société Hydrotechnique de France, dans sa réunion du 28 novembre 1930.

Il comprend deux parties. Dans la première ont été définis, de façon précise, tous les termes de la nomenclature hydrotechnique.

La seconde partie est consacrée à la description des différents procédés de mesures usuelles, et aux prescriptions nécessaires à leur application correcte. N'ont été retenues que les méthodes ayant reçu la consécration d'une longue pratique, à l'exclusion de certaines méthodes récentes, qui, quoique très ingénieuses, prêtent encore à la controverse.

Il n'a d'ailleurs pas échappé aux rédacteurs de ce Code, que, même en appliquant les méthodes les plus classiques telles que le déversoir, le moulinet, de grandes divergences pouvaient être observées dans les résultats suivant les formules adoptées, les procédés de tarage employés.

En ce qui concerne les déversoirs, notamment, le Code français indique que dans l'état actuel de nos connaissances, c'est la formule de BAZIN qui est préconisée pour les déversoirs sans contractions latérales et celle d'HÉGLY pour les déversoirs avec contractions latérales; il admet toutefois qu'une autre formule soit employée, mais dans le seul cas où celle-ci a été formellement précisée dans le cahier des charges pour la fourniture de la turbine soumise aux essais. Il ajoute que le compte rendu des essais comportera alors obligatoirement le calcul comparatif du débit au moyen de la dite formule et de celle de BAZIN ou d'HÉGLY suivant le type de déversoir employé.

Il importe en effet, au plus haut point, de mettre sur un pied de parfaite égalité les constructeurs en compétition. Il est à souhaiter que ce que nous avons réalisé dans notre pays soit un jour étendu au domaine international. On ne verra plus, alors, les constructeurs de certaines nationalités garantir des rendements presque systématiquement plus élevés que ceux annoncés par les constructeurs d'autres pays.

Les différences que l'on constate si souvent entre les garanties fournies par plusieurs constructeurs dépendent, en très grande partie, des méthodes prévues pour les essais ainsi que des conventions particulières adoptées pour l'évaluation, par exemple, de la puissance nette sur l'arbre, de la pression nette intervenant dans le calcul de la puissance hydraulique, etc.

Nous saisissons cette occasion pour répéter une fois de plus que garantir des rendements de valeurs moins élevées n'est pas toujours faire preuve de moyens techniques inférieurs, mais bien souvent, au contraire, manifester un souci de rigueur scientifique et une connaissance exacte de la précision qu'il est possible d'obtenir dans les mesures.

Cette dernière question est actuellement très controversée. En particulier, au Congrès de l'Association Internationale d'Hydrologie qui vient de se tenir à EDIMBOURG du 14 au 26 septembre dernier, nous avons eu la surprise de lire dans certains rapports qu'une précision de 1/1000 pouvait être couramment obtenue dans les mesures industrielles de débit.

L'expérience que nous avons acquise au cours de près de 20 ans d'essais de cette nature nous a convaincu que, dans l'état actuel de la technique, il est illusoire d'annoncer une approximation normale supérieure à 1/100 dans les mesures hydrauliques courantes.

Nous avons reçu mandat à ce Congrès d'organiser une consultation de tous les spécialistes des

différents pays en vue de définir aussi exactement que possible les précisions auxquelles on peut aboutir dans des conditions bien définies d'emploi des différentes méthodes de mesure de débit.

Les conclusions de cette enquête seront présentées au prochain Congrès de l'Association Internationale d'Hydrologie, en 1939.

Nous ajouterons que le Code français d'essais des installations hydrauliques est le premier qui ait été mis au point d'une façon aussi complète, et contienne autant de précisions tant au point de vue de la terminologie, que des définitions, que de l'application pratique des différentes méthodes de mesures.

Il semble, dans ces conditions, qu'il soit tout indiqué pour servir de base à l'élaboration d'un code international de mesures hydrauliques. Nous sommes à cet effet déjà entrés en relations avec plusieurs spécialistes étrangers, et espérons que la collaboration ainsi instaurée aboutira à des résultats pratiques, sous la forme d'une normalisation internationale des essais hydrauliques.

Etude sur les coups de bélier. Méthode graphique.

De graves accidents survenus à des conduites forcées avaient montré la nécessité de l'étude systématique des surpressions consécutives à des variations brusques de débit.

L'un des premiers, M. le COMTE DE SPARRE, Doyen de la Faculté Catholique de Lyon et Membre du Comité technique de la Société Hydrotechnique de France, a effectué une étude complète des coups de bélier publiée dans les comptes rendus nos 1 et 2 du Comité technique.

C'est à la vérification expérimentale de la théorie et des formules de M. DE SPARRE qu'ont conduit les très remarquables expériences de MM. CAMICHEL, EYDOUX et GARIEL. Ces expériences, exécutées en particulier à l'Usine de Soulom de la Compagnie des Chemins de Fer du Midi, ont apporté à cette importante question une solution définitive.

L'étude des coups de bélier, ou plus généralement du régime varié dans les conduites, a, au cours des dernières années, progressé considérablement par la découverte d'une méthode graphique de calculs absolument générale.

Les premiers principes de cette méthode présentés par M. LOWY, généralisés par M. SCHNYDER, conservaient une allure abstraite qui les rendaient encore difficiles à saisir et à utiliser. Cela a été l'œuvre de M. BERGERON, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, de discerner à travers cette méthode une véritable loi physique entre la pression au sein du liquide et le débit qui est la suivante : *si pour un observateur mobile se déplaçant avec la célérité des ondes, le débit change d'un lieu à un autre, la pression change aussi, le rapport entre la variation de cette dernière et celle du débit ayant pour valeur* $\pm \frac{a}{gs}$, *s* étant la section de la conduite, *a* la célérité des ondes (et du déplacement de l'observateur), *g* la gravité; le terme $\frac{a}{gs}$ a le signe « plus » lorsque l'observateur se meut en sens contraire du débit et le signe « moins » s'il se meut dans le même sens.

Comme on le voit, cette proportionnalité de la variation de pression à la variation du débit partout où passe une même onde est bien une propriété physique de l'eau et de la conduite qui la contient; et comme cette loi est simple puisqu'elle est linéaire, on conçoit qu'elle conduise à des constructions faciles à exécuter.

En fait l'application répétée de cette loi pour des observateurs qui se meuvent entre les points de discontinuité de la conduite (machines, obstacles, réservoirs, branchements, etc.), fournit la solution exacte des cas les plus complexes qu'aucun calcul ne saurait jamais aborder. On peut dire que l'on possède par cette méthode la solution définitive et complète des problèmes de variations de régime dans les conduites.

M. BERGERON a d'ailleurs démontré que cette loi simple est tout à fait générale pour tous les milieux doués d'élasticité et d'inertie, et que les mêmes épures résolvent les problèmes de cordes vibrantes, ondes sonores dans les barres métalliques, ondes des arbres à la torsion, etc. L'intérêt de cette méthode graphique s'étend ainsi à tous les domaines de la mécanique, et elle met à la portée de tous les ingénieurs la solution de problèmes réservés autrefois à des savants ou même tout à fait impossibles.

Etudes sur les cheminées d'équilibre.

On sait que les mouvements de l'eau et des coups de bélier dans les cheminées d'équilibre avaient été étudiés par de nombreux hydrauliciens; mais c'est à M. EYDOUX, directeur des études à l'Ecole Polytechnique, que revient l'honneur d'avoir établi des formules pratiques permettant la prédétermination exacte de ces ouvrages.

Les premières applications de ces formules ont été faites dans les usines des Pyrénées dont la plupart ont d'ailleurs été étudiées par lui.

A l'usine de Saint-Lary, en particulier, nous avons, lors de ses essais de réception, pu personnellement vérifier la rigoureuse concordance entre

les valeurs obtenues en pratique et celles résultant de l'application de ses formules.

Méthode de M. Barrillon pour la détermination des champs plans et méridiens.

La mécanique graphique des fluides vient de faire un très important progrès, grâce aux résultats des travaux de M. l'ingénieur général BARRILLON relatifs à la construction des réseaux hydrodynamiques. On connaît en effet maintenant les propriétés mathématiques qui relient les centres de courbure des côtés des carrés ou des rectangles élémentaires formés par les lignes de courant et les lignes équipotentielles des écoulements plans ou des écoulements méridiens à potentiel des vitesses.

Il devient donc possible de prédéterminer rapidement et de façon précise les lignes de courant lorsque l'on connaît l'une d'entre elles et la répartition du potentiel le long de cette ligne.

La place nous manque pour insister sur les multiples et importantes applications que cette méthode va trouver dans les bureaux d'études de construction.

Travaux des Laboratoires d'hydraulique de Toulouse.

Dans ces laboratoires, sous l'éminente direction de M. CAMICHEL, membre de l'Institut, ont été effectués de si nombreux et importants travaux qu'il nous est difficile de faire le choix auquel nous contraindrait le cadre limité qui nous a été imposé. Nous devrons nous borner à mentionner la brillante série de recherches sur les phénomènes de résonance en hydraulique, les différents régimes d'écoulement des fluides, les lois de la similitude, les formations des tourbillons, les surfaces de discontinuité, de nouvelles découvertes sur les indéterminations présentées par les courants.

Il faut en particulier citer les expériences, sur modèle réduit et dans la nature, des mouvements globaux d'une ou plusieurs veines liquides libres en fonction de la position des parois, des emplacements relatifs des veines et de ceux d'obstacles convenablement disposés.

Les phénomènes d'attraction des rives ont été également examinés et des résultats de ces études on est en droit d'attendre une technique nouvelle dans l'aménagement du lit des rivières, dans la protection des berges, etc.

Etude sur le régime des cours d'eau.

L'étude du régime des cours d'eau présente un intérêt capital tant au point de vue de l'utilisation des forces hydrauliques que des applications agricoles, et de la sécurité publique.

Dans ce domaine, de nombreux et très remarquables travaux ont été réalisés par MM. COUTAGNE, DIENERT, DE MARTONNE, et PARDÉ. Ils se sont attachés à établir les lois qui régissent le débit des fleuves en tenant compte des précipitations atmosphériques, de l'enneigement et d'une façon générale de tous les facteurs pouvant intervenir dans ces débits.

Nous saisissons cette occasion pour exprimer le regret que la crise actuelle, par la réduction des crédits qui en résulte, ne permette plus, en France l'édition de statistiques relatives aux cours d'eau, statistiques qui, dans d'autres pays, font l'objet de publications fort importantes et, la plupart du temps, luxueusement éditées.

Application des probabilités aux recherches hydrologiques.

Une importante application des calculs des probabilités aux études hydrologiques a été faite récemment par M. GIBRAT qui a montré que la loi de Gauss-Laplace, convenablement modifiée, pouvait s'appliquer à la détermination des courbes des débits classés et à la recherche des débits limités, par exemple ceux de crues.

Dans ses études, M. GIBRAT considère non plus les grandeurs elles-mêmes, mais les logarithmes des grandeurs mesurées et en dresse une classification. L'ancienne courbe en cloche qui — cela avait été reconnu de longue date — ne pouvait s'appliquer aux phénomènes hydrologiques, est ainsi remplacée par une nouvelle courbe en cloche représentant le logarithme de la grandeur mesurée, son exactitude a pu être vérifiée expérimentalement.

On trouvera aussi une application directe de ces nouvelles théories dans les conditions d'exploitation optimum des usines hydrauliques comportant des lacs-réservoirs et pour lesquelles il serait du plus haut intérêt de posséder à l'avance une probabilité bien établie relative aux disponibilités en eau.

Détermination des efforts internes dans les ouvrages en béton.

Pour la mesure des déformations et efforts supportés par les bétons, M. l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées COYNE a imaginé un appareil utilisant les propriétés acoustiques des cordes

vibrantes : corde tendue, sonore, fixée à deux blocs noyés dans le béton, subissant les variations de position de ces blocs et pouvant émettre des sons de fréquence variable.

En choisissant une corde d'acier ayant le même coefficient de dilatation que le béton, on peut éliminer l'influence de la température sur l'appareil; la fréquence propre de la corde varie alors comme le carré de l'allongement du support, ce qui permet de mesurer les effets du retrait et des contraintes. La corde est mise en oscillation à l'aide d'un électro-aimant et après amplification à l'aide d'une lampe à trois électrodes, on compare, par la méthode des battements le son ainsi produit à celui d'un étalon.

On peut déceler avec cet appareil des allongements de un millionième. Ce procédé d'investigation des ouvrages en béton a trouvé une application des plus intéressante et importante dans les grands barrages dont on peut suivre ainsi les efforts internes.

Turbines tourbillon.

Un tout nouveau système de turbines, dit « turbine tourbillon » a fait l'objet de brevets pris par

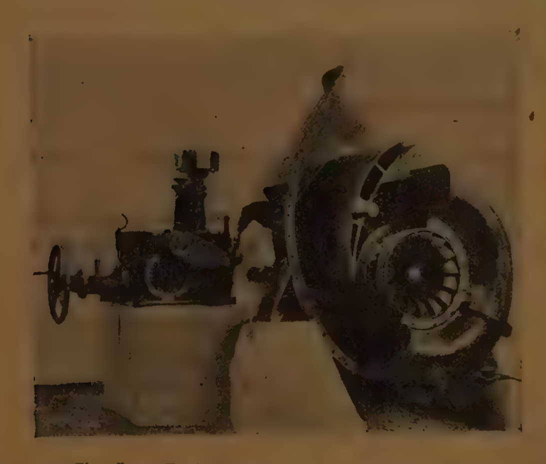


Fig. 5. — Turbine tourbillon. — Vue en coupe.

M. REIFFENSTEIN. Toutes les études et mises au point très longues et coûteuses de cette invention ayant été faites par un important constructeur français de turbines, les Etablissements NEYRET-BEYLIER et PICCARD PICTET de GRENOBLE, on peut dire que le lancement de ce nouveau système de turbines peut être considéré comme un succès de l'Industrie française.

Les turbines tourbillon sont des moteurs hydrauliques dans lesquels l'eau arrive correctement sur la roue motrice grâce à la forme spécialement étudiée de la bâche spirale, ce qui permet de supprimer les nombreuses directrices mobiles constituant le distributeur des turbines hydrauliques normales.

Les angles d'entrée convenables sont obtenus aux diverses charges au moyen d'une seule pale régulatrice placée dans la première partie de la bâche spirale.

La modification de l'orientation de cette pale régulatrice réagit sur l'angle des spirales d'écoulement dans le sens voulu pour conserver le rendement aux charges fractionnaires.



Fig. 6 — Turbine tourbillon en service.

Les turbines tourbillon peuvent, suivant les caractéristiques de la chute, être classées dans l'un des types ci-après :

1° *Les turbines tourbillon à libre déviation ou à action* dans lesquelles l'eau sort de la bâche spirale sous forme d'un jet aéré au centre. L'énergie de la chute se trouve dans ce jet entièrement sous la forme cinétique et elle est transmise à une roue motrice dont les canaux ne sont que partiellement remplis.

L'eau quitte la roue avec une vitesse faible et une simple capote évite les projections d'eau.

La figure n° 5 montre la forme du jet sortant de la bâche spirale, la roue n'étant pas en place.

2° *Les turbines tourbillon centripètes à réaction* dans lesquelles le tourbillon ou *vortex* est en pres-

sion jusque dans la roue motrice. Cette roue est semblable à celles des turbines Francis normales et, comme dans celles-ci, un tuyau d'aspiration permet de récupérer l'énergie cinétique résiduelle ainsi que la hauteur de chute correspondant à la distance entre l'axe de la turbine et le niveau aval. Une seule pale régulatrice remplace le distributeur à directrices mobiles.

La figure n° 6 montre la construction d'une telle turbine.

3° *Les turbines hélice avec pales orientables à la roue motrice,* cas particulier des turbines à réaction et comportant un processus semblable pour l'arrivée d'eau à la roue et la récupération de l'énergie à la sortie de cette roue. La présence des pales orientables permet de supprimer, non seulement le distributeur à directrices mobiles, mais aussi la pale régulatrice nécessaire pour les deux premiers types ci-dessus.

Ces machines sont donc particulièrement simples et indiquées pour l'utilisation économique des basses chutes. La bâche spirale est à génératrice rectiligne et peut être construite très facilement en béton.

Les turbines tourbillon constituent un progrès considérable dans la technique des turbines hydrauliques.

La simplicité de la construction et leur faible encombrement permet une réduction des frais de première installation et d'entretien ultérieur. La conduite en est très facile et elles sont beaucoup moins sujettes aux obstructions par les détritus, herbes ou feuilles, que les turbines à distributeurs.

Elles permettent enfin, malgré leur simplicité, d'obtenir des rendements excellents, ce qui leur permettra de se substituer progressivement aux types ordinaires dans la majorité des installations.

Partiteurs de débit.

L'irrigation des grandes plaines des pays chauds pose des problèmes parfois fort complexes.

La quantité d'eau disponible étant presque toujours limitée, il faut que chaque utilisateur reçoive tout ce à quoi il a droit mais pas plus. Ce desiderata doit être réalisé non seulement pour les niveaux d'eau normaux dans les divers canaux du réseau, mais aussi dans le cas où les plans d'eau seraient faussés soit accidentellement, soit volontairement par un utilisateur déloyal.

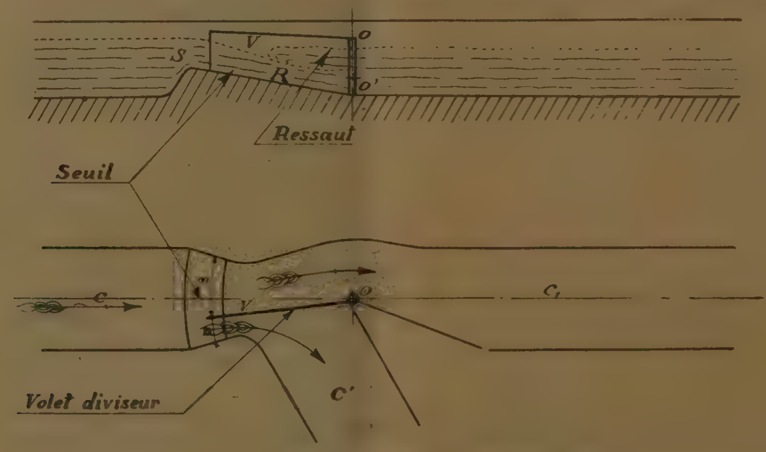


Fig. 7. — Schéma d'un appareil partiteur de débit.

Les appareils partiteurs doivent de plus être prévus pour n'occasionner que de faibles pertes de charge car la dénivellation dont on dispose est en général faible.

Les nouveaux appareils de répartition brevetés par les Ateliers NEYRET BEYLIER et PICCARD PICTET se composent, en principe, comme l'indique la figure n° 7 d'un secteur de déversoir circulaire se prolongeant vers l'aval par un seuil conique, sur lequel se déplace un volet mobile tournant autour de l'axe du cône.

Le seuil conique est calculé pour que la vitesse dans la nappe soit supérieure à la vitesse critique. Il se produit dans ces conditions à l'aval un remous et le seuil jouit alors de la propriété d'assurer un débit constant quelle que soit la hauteur du niveau aval pourvu que le niveau amont soit invariable.

Le volet diviseur permet de découper sur le déversoir des tranches dont les débits sont rigoureusement proportionnels aux angles, et ceci par suite des formes adoptées qui donnent une réparti-

tion très homogène des filets liquides à l'origine du radier conique.

Si l'on veut parer aux variations du niveau amont, on place au-dessus de la nappe liquide un masque qui l'affleure pour le niveau amont normal. Si ce niveau monte, la vitesse d'écoulement tend à augmenter, mais en même temps le masque produit une contraction qui diminue la section de la veine liquide. Le débit demeure quasi constant dans une zone déterminée autour du niveau normal.

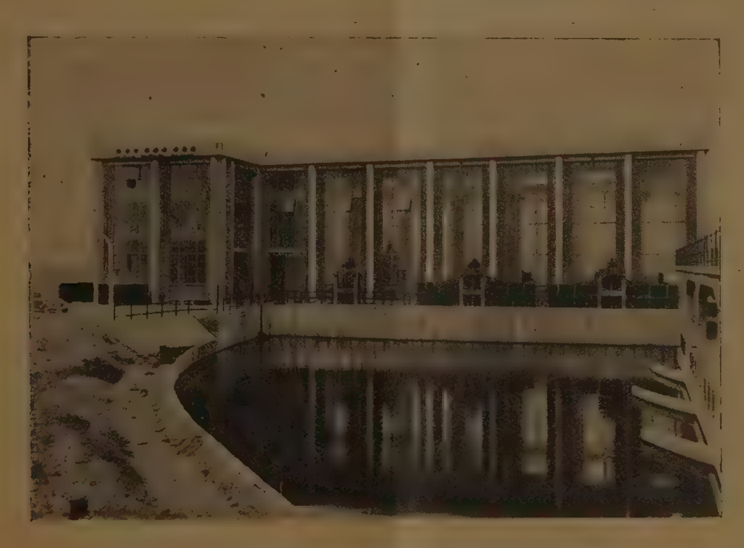


Fig. 8. — Usine d'Argancy. — Vue de l'amont. Prise d'eau.

Les installations d'irrigation sont enfin complétées par divers appareils : vannes à niveau amont constant, vannes à niveau aval constant, etc., spécialement étudiés par les Ateliers Neyret Beylier et Piccard Pictet qui permettent de donner une solution élégante aux problèmes très divers qui peuvent se présenter.

Aménagements hydro-électriques.

Depuis l'année 1935, seule une importante Usine hydro-électrique a été mise en service : celle de Marèges qui a fait l'objet de descriptions très complètes dans diverses revues techniques, et sur laquelle le manque de place nous empêche de nous étendre.

Nous voulons cependant signaler que l'une des caractéristiques essentielles de cet aménagement est constituée par le barrage. Celui-ci, du type en voûte, présente de nombreuses innovations dues à l'ingéniosité de son auteur, M. l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées Coyne. Il constitue certainement l'ouvrage le plus moderne et le plus intéressant qui ait été jusqu'alors réalisé dans ce domaine.

Les circonstances économiques se prêtent mal à l'équipement de nouvelles chutes, et depuis plusieurs années notre pays a vu se ralentir d'une façon que nous estimons d'ailleurs exagérée et regrettable, la réalisation des installations hydro-électriques.

Diverses considérations rendent tout à fait souhaitable la reprise de ces travaux. L'application des récentes lois sociales va causer un déficit dans la production de la houille d'environ cinq millions de tonnes par an; il serait très désirable que, au lieu de demander à l'Industrie étrangère la fourniture de ce combustible de remplacement — accroissant ainsi le déficit de notre balance commerciale — on demande à nos chutes d'eau la fourniture de l'énergie correspondante.

D'autre part, pour des raisons de défense nationale qui, nous le savons, ne sont pas restées inaperçues à l'étranger, la concentration de la production d'énergie en des centres facilement vulnérables présente de graves inconvénients.

Il conviendrait, pour parer à ceux-ci, de répartir sur toute l'étendue du territoire les centrales électriques.

Jusqu'à présent, les usines hydrauliques étaient localisées dans les régions montagneuses : Alpes, Pyrénées, Massif Central.

Les récents perfectionnements des turbines de basses chutes rendent possible l'utilisation rationnelle de l'énergie des fleuves. Cette utilisation est particulièrement économique lorsqu'il existe déjà

un barrage. Or, les Services de la Navigation possèdent, en de très nombreux points du territoire, des retenues dont beaucoup pourraient être équipées de turbines hydrauliques.

Un exemple particulièrement typique de cette application est constitué par l'Usine d'Argancy sur la Moselle (fig. 8) dont nous avons dirigé les études et la construction et qui constitue un véritable prototype d'importante usine de très basse chute.

Cette usine, accolée à un barrage créé pour les besoins du Canal des Mines de Fer de la Moselle est capable d'absorber un débit de 160 m^3/sec. sous une hauteur de chute moyenne de 2 m. 60, cette hauteur de chute pouvant varier entre 0 m. 80 et 3 m.80.

La production de cette Usine est de 13 à 14 millions de kwh par an, ce qui constitue un appoint important d'énergie, le réseau de la Ville de Metz absorbant au total 25 millions de kwh compte tenu de l'importante distribution suburbaine.

De nombreuses particularités nouvelles ont été introduites dans la construction de cette Usine. Elles ont fait l'objet de plusieurs descriptions techniques auxquelles nous prions nos lecteurs de bien vouloir se reporter.

Revue générale de l'hydraulique.

Avant de clore cet aperçu de l'activité hydraulique en France, nous devons encore dire quelques mots d'un Organe que nous avons récemment fondé : *La Revue Générale de l'Hydraulique* qui est patronnée par la Société Hydrotechnique de France, le Comité Français des Grands Barrages et le Comité Français de la Conférence mondiale de l'Energie.

Cette nouvelle Revue est venu compléter une lacune dans les publications françaises; il n'existait en effet aucun périodique spécialisé relatant les travaux des laboratoires hydrauliques.

Cette Revue ne s'est d'ailleurs pas limitée à rappeler l'activité des laboratoires français, mais elle est ouverte à toutes les questions d'hydraulique générale, fluviale, d'hydrologie, aux études de machines, aux travaux de génie civil, etc.

Nous sommes heureux de pouvoir dire ici quel bon accueil ce nouvel Organe a déjà reçu tant en France qu'à l'étranger, et nous nous plaisons à espérer qu'il contribuera à assurer une plus parfaite liaison entre la Science et l'Industrie.

Jean Laurent,
Ingénieur en chef
de la Société Hydrotechnique de France

UN MOT SUR LA THÉORIE GÉNÉTIQUE DU CANCER

Malgré la multitude des recherches effectuées en ces dernières années tant au laboratoire qu'à l'hôpital, l'étiologie du cancer nous demeure toujours aussi mystérieuse. Les savants ont appris à reproduire expérimentalement les tumeurs malignes; ils ont déterminé la structure de certains composés chimiques capables d'en susciter la genèse; ils ont analysé les conditions de la greffe des tumeurs; ils ont précisé les caractères propres aux cellules tumorales; et certes l'intérêt théorique de ces diverses acquisitions ne laisse pas d'être considérable; mais, pour ce qui est de l'origine des cancers spontanés, nous restons aussi ignorants qu'il y a un demi-siècle. Les nombreuses thèses qui s'affrontent (thèse parasitaire, thèse chimique, thèse génétique, etc.) peuvent chacune faire valoir des arguments plus ou moins puissants; aucune ne peut prétendre à s'imposer par une démonstration décisive.

La théorie génétique de l'origine du cancer est l'une des plus séduisantes. Relativement mal connue chez nous et assez peu en faveur dans les milieux médicaux, elle rattache la cancérisation à un phénomène de mutation cellulaire, c'est-à-dire à une brusque modification survenue dans la garniture génétique d'une cellule particulière.

Quelques éclaircissements sont ici nécessaires. Chaque cellule d'un organisme quelconque renferme, dans son noyau, un nombre fixe de structures morphologiques ayant une forme déterminée et qu'on appelle les chromosomes en raison de l'avidité qu'ils témoignent à l'égard de certaines matières colorantes. Il y a 48 chromosomes dans les cellules du corps humain, 8 dans les cellules de la Drosophile ou Mouche du vinaigre, etc. Chaque chromosome contient une chaîne de corpuscules élémentaires, les gènes. Tous les gènes d'un individu lui ont été fournis, au départ,

par les deux cellules parentales qui ont constitué l'œuf d'où il dérive. Ils se sont transmis, intégralement, à toutes les cellules du soma, grâce au procédé de la division équationnelle ou mitose.

Les gènes, qui ont chacun leur structure et leurs propriétés, déterminent tous les caractères de l'organisme. Leur ensemble constitue le patrimoine héréditaire. Véritables atomes biologiques, leur dimension est de l'ordre du dixième de micron; on évalue leur nombre à plusieurs milliers.

Ils sont extrêmement stables. Cependant, de loin en loin, ils subissent une altération dans leur composition chimique, et c'est ce qu'on appelle une mutation, changement soudain du patrimoine héréditaire.

D'autres mutations tiennent simplement au déplacement d'un ou plusieurs gènes dans le système chromosomique; l'activité des gènes dépendant de leur position, un tel déplacement équivaut à une véritable modification de la valeur génétique de la cellule.

Enfin, il existe des mutations dites chromosomiques, qui, par la suppression ou l'addition d'une portion de substance chromosomique, réduit ou augmente la quantité de certains gènes.

Si la mutation se produit dans la lignée germinale, en sorte qu'une cellule reproductrice reçoive un héritage altéré, la présence de celui-ci dans le descendant peut se traduire par l'apparition de certains caractères nouveaux (yeux blancs ou ailes rudimentaires, chez la Drosophile, dont les yeux sont typiquement rouge-brique et les ailes allongées).

Mais si la mutation frappe une cellule du corps, singulièrement dans un organisme en voie de développement, la cellule mutée donnera naissance à un lot de cellules semblables à elle, lesquelles formeront une zone étrangère, dont les caractères pourront trancher plus ou moins nettement sur ceux de l'organisme normal. C'est ainsi qu'une Drosophile d'une lignée aux yeux rouges peut avoir un œil blanc, ou une petite tache blanche dans l'un de ses yeux; qu'un Cobaye noir, feu et blanc, peut avoir, dans le pelage, une tache sépia, etc. L'aire de la zone mutante est évidemment d'autant plus étroite que la mutation s'est produite plus tard dans l'ontogenèse.

Un grand nombre de pareilles « mutations somatiques » ont été signalées par les biologistes, tant dans le règne végétal que dans le règne animal.

Le Cancer, mutation somatique.

Il est évidemment très tentant de considérer une tumeur maligne comme une colonie de cellules issues d'une cellule accidentellement mutée. Les cellules cancéreuses se présentent, en effet, comme si elles constituaient une lignée pure d'éléments à patrimoine héréditaire modifié. Elles ont des caractères bien particuliers, qui les distinguent des cellules normales : outre leur pouvoir de prolifération effrénée et désordonnée, elles se greffent mieux que les cellules saines et se cultivent plus facilement *in vitro*; elles possèdent un métabolisme très spécial, qui se traduit par un moindre pouvoir d'oxydation et une plus forte activité glycolytique, etc.

Tous ces traits, physiologiques et chimiques, la cellule maligne les retient après un nombre indéfini de divisions, soit quand elle se greffe dans l'organisme même où elle est née (autogreffe des métastases), soit quand elle est greffée sur un autre organisme de la même espèce, soit quand elle est cultivée *in vitro*. Des cellules néoplasiques ont gardé en culture, pendant des années, l'ensemble des propriétés spécifiques qui accompagnent la malignité.

On a donc véritablement l'impression que la cellule cancéreuse constitue une « race cellulaire » nouvelle; et dès lors que toutes les races nouvelles d'organismes se produisent par voie de mutation, on est naturellement enclin à attribuer la formation des cellules cancéreuses à la mutation somatique.

L'hypothèse d'une mutation cancérisante a été pour la première fois émise en 1914 par le grand embryologiste Théodore Boveri. Plusieurs biologistes s'y sont ralliés — Tyzzer, Bashford, Strong —, et, en particulier, Emile Guyénot, qui écrivait en 1930 : « On peut se demander si l'apparition d'un néoplasme malin, dont les caractères se conservent indéfiniment à travers les générations cellulaires, ne correspond pas à une mutation somatique, spontanée ou provoquée par des actions irritatives... Le fait que l'on connaît avec certitude, du moins chez la Drosophile, l'existence de plusieurs mutations germinales produisant des tumeurs héréditaires, me paraît de nature à renforcer l'hypothèse assimilant la genèse des néoplasmes à une mutation somatique »[1].

Cette théorie a été récemment exposée en détail, d'une façon très claire et avec force arguments à l'appui, par le chirurgien anglais Lockhart-Mummery, dans un livre qui vient d'être traduit en français[2].

Elle permet de comprendre pourquoi les néoplasmes se produisent de préférence dans les orga-

---

1. *La Variation et l'Evolution*, I. Doin, 1930.
2. *L'Origine du Cancer*: Trad. par Mme Gottlieb. Editions de la Nouvelle Revue française. 1936.

nes à rénovation fréquente (épithéliums, glandes holocrines) et dans les régions de l'organisme où une irritation chronique entretient les processus de division cellulaire : on conçoit, en effet, que la probabilité de mutation s'accroisse avec la quantité des cellules produites.

On a constaté que, dans certaines espèces, la mutation somatique devenait plus fréquente avec l'âge de l'individu : là pourrait être une des raisons de l'accroissement du nombre des néoplasmes dans la vieillesse.

La théorie de la mutation cancérisante n'exclut d'ailleurs complètement aucune autre théorie du cancer, car on peut supposer que la mutation cancérisante est favorisée par tel germe, telle substance chimique, ou tel autre agent.

Boveri, Winge pensent qu'il s'agit d'une mutation chromosomique; Winge, en particulier, envisage la perte de certains chromosomes, suivie du redoublement de ceux qui restent.

Il arrive souvent, en effet, que l'on constate des irrégularités du nombre chromosomique dans les cellules cancéreuses; mais ne serait-ce pas là l'effet, plutôt que la cause, du trouble profond de la cellule? On tend plutôt à expliquer la cancérisation par une mutation de gène, hypothèse qui ne peut évidemment se vérifier d'une façon directe, car de telles mutations sont parfaitement indécelables à l'examen histologique.

Dans l'hypothèse de la cancérisation par mutation somatique, on se demandera en quel sens doivent s'orienter les essais de thérapeutique anticancéreuse.

On ne peut évidemment pas compter, comme dans l'hypothèse de l'infection, sur la préparation d'un vaccin ou d'un sérum spécifiques; mais, dès lors que les cellules cancéreuses ont des propriétés différentes des cellules normales, on pourra tâcher d'utiliser ces différences pour les détruire, et, par exemple, on cherchera des agents qui offensent les cellules cancéreuses tout en respectant les cellules normales. Mais il nous semble, en outre, que l'on pourrait puiser quelque suggestion dans les résultats de certaines expériences toutes récentes qui sont dues à Ephrussi et Beadle, à Kuehn et Caspari, etc. Et le présent article n'a d'autre but que de marquer brièvement cette possibilité.

L'Action des substances diffusibles.

Les expériences auxquelles nous faisons allusion ont été réalisées principalement sur la Drosophile, petit insecte couramment employé aux recherches de génétique, et chez qui l'on connaît un grand nombre de mutations, dont certaines portent sur la coloration des yeux. On élève des races pures de Drosophiles à yeux vermillon, à yeux cinabre, etc., qui ne diffèrent de la race sauvage, à yeux rouge-brique, que par une mutation de gène.

Or, Ephrussi et Beadle ont démontré voici quelques mois les faits très curieux que voici. Si l'on implante une ébauche d'œil du type vermillon dans la cavité générale d'une larve du type sauvage, cette ébauche reçoit une influence spécifique de l'organisme qui l'héberge : elle se différencie en œil du type sauvage, c'est-à-dire qu'elle évolue conformément non pas à sa propre constitution génétique, mais à celle de l'hôte.

C'est donc qu'il émane des tissus de l'organisme typique des *principes diffusibles*, sortes d'hormones de pigmentation, capables d'influer sur les gènes des cellules mutantes, ou, du moins, sur leur activité fonctionnelle.

On obtient aussi la transformation des ébauches d'yeux vermillon en yeux normaux par l'injection de lymphe prélevée sur les larves de type sauvage [3]. La substance spécifique ne se trouve présente dans le milieu interne qu'à une certaine étape du développement; elle manque dans les larves qui approchent de la métamorphose; elle existe dans les jeunes pupes; elle manque de nouveau dans les pupes âgées de plus de quatre-vingts heures.

Chez le papillon ***Ephestia Kuehniella***, Kuehn et Caspari ont fait des constatations analogues. Il existe, dans cette espèce, des imagos à yeux noirs, qui correspondent à la forme typique, et des imagos à yeux rouges, qui correspondent à une mutation. Si l'on greffe, sur des larves de la mutation aux yeux rouges, certains tissus provenant de larves typiques, les larves porte-greffes donnent des imagos à yeux noirs [4]. Là encore, l'activité des gènes mutants se trouve modifiée par une substance que produisent les tissus normaux et qui circule dans le sang larvaire.

Cette substance, Kuehn est en train, avec la collaboration du fameux biochimiste Butenandt, d'en rechercher la nature.

De telles constatations sont particulièrement significatives. Du point de vue strictement génétique, elles éclairent le mode d'action des gènes et commencent à nous renseigner sur les relations

3. B. EPHRUSSI, C. W. CLANCY et G. W. BEADLE : *Influence de la lymphe sur la couleur des yeux vermillon chez la Drosophile* (Drosophila melanogaster). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 septembre 1936. — Voir aussi G. W. BEADLE et B. EPHRUSSI : *Transplantation in Drosophila. Proc. Acad. Sc. Washington*. XXI, 1935, 642-646.

4. KUEHN : *Verrbung u. Entwicklungsphysiologie. Wissensch. Woche Frankfurt-a-M.* 2-9 septembre 1934. Leipzig, pp. 37-48. — *Genwirkung und Artveraenderung. Der Biologe*. III, 1934.

qui existent entre tel ou tel gène et le caractère qu'il détermine. Elles nous obligent de reviser nos idées touchant l'influence du porte-greffe sur le greffon. Il était admis jusqu'à présent que, lorsqu'un morceau d'organisme était transplanté sur un autre organisme, il ne recevait aucune influence spécifique du nouvel ensemble auquel il appartenait. Or, nous ne pouvons plus douter aujourd'hui qu'il n'y ait, dans certains cas, une influence du porte-greffe sur le greffon. Il faudrait, donc, à la lumière des données nouvelles, reprendre les anciens travaux concernant les hybrides de greffe; et peut-être même la question de la télégonie serait-elle à revoir, dès lors qu'on peut considérer le fœtus comme un organisme étranger greffé sur l'organisme maternel.

Mais nous ne voulons, pour l'instant, indiquer les conséquences des expériences précédentes que dans la mesure où elles nous paraissent toucher au problème du cancer.

Si la cellule cancéreuse est bien une cellule mutante, on doit envisager la possibilité de modifier, de rectifier l'activité des gènes dans les cellules tumorales par le moyen de certains principes diffusibles empruntés à l'organisme des individus normaux.

Ces principes devraient être cherchés de préférence, semble-t-il, dans le sang embryonnaire, ou dans les organes en voie de développement. Par analogie avec ce qui se passe pour la Drosophile, on peut penser, en effet, qu'ils ne sont produits par les cellules, ou du moins mis en liberté, que dans la phase précoce de l'ontogenèse.

Il serait peut-être indiqué d'utiliser les organes homologues de l'organe cancérisé.

On remarquera que ces idées rejoignent certains essais de thérapeutique anti-cancéreuse précédemment inspirés par des vues toutes différentes. Fibiger et Moeller ont tenté de faire régresser des tumeurs malignes par des injections de tissu homologue vivant. D'autres, comme Higuchi, et surtout G. Fichera, ont signalé l'action inhibitrice, à l'égard des néoplasmes, des suspensions de tissu embryonnaire [5].

Les considérations qui précèdent seraient également valables au cas où le cancer serait lié, non pas à une mutation somatique, mais à une constitution génétique particulière, qui prédisposerait certains territoires de l'organisme à des proliférations anarchiques.

On ne se dissimule certes pas ce qu'il y a, dans tout cela, de vague et d'hypothétique, mais il nous a semblé qu'un rapprochement s'imposait entre deux ordres de notions : d'une part, la théorie génétique du cancer; d'autre part, les récentes expériences qui démontrent la possibilité de compenser l'altération d'un gène par le moyen de substances empruntées à de jeunes organismes d'une constitution génétique normale.

Jean **ROSTAND**.

5. Fichera : *Zeit. Krefsforschung*. 1932, 36, 1-36. — *Klin. Woch*, 12. 1957-1961.

L'EFFET RAMAN ET LA CHIMIE

(Suite) *

III. — Mécanisme de production des raies Raman. Relation avec la structure des molécules.

Nous allons nous poser dans ce chapitre, la question de l'origine des raies Raman et nous verrons qu'elle est étroitement liée aux problèmes de la structure des molécules.

La plupart des raies Raman nous révèlent l'existence des vibrations internes de l'édifice moléculaire, quelques-unes proches de la raie excitatrice et observées seulement chez peu de molécules légères, correspondent aux rotations d'ensemble de la molécule.

Nous allons voir que les *fréquences* des raies sont égales aux fréquences de ces vibrations moléculaires et nous renseignent sur les forces de liaison chimique qui s'exercent entre atomes.

Nous avons déjà vu d'autre part que *l'intensité* des raies Raman est en rapport avec la nature des liaisons (avec leur degré d'homéopolarité).

Nous verrons enfin que le *facteur de dépolarisation* ρ de ces raies dépend de la manière dont les vibrations correspondantes modifient ou ne modifient pas la symétrie de l'édifice moléculaire.

L'étude complète du spectre Raman d'une espèce chimique, comprenant la mesure des fréquences, des intensités et des facteurs de dépolarisation des raies, contribue donc à résoudre un des problèmes fondamentaux de la physico-chimie :

* Voir le nº 19, 15 octobre 1936.

La *connaissance de l'édifice moléculaire*, en ce qui concerne sa forme *géométrique* (positions relatives des atomes dans l'espace), ses propriétés *énergétiques* (nature et forces de liaison) et ses qualités *dynamiques* (nombre et forme des vibrations internes).

Pour montrer comment on peut obtenir cette connaissance, il nous faut analyser le mécanisme d'interaction entre la lumière et la matière qui donne naissance à l'effet Raman.

Deux théories ont rivalisé pour expliquer cette interaction : la théorie quantique et la théorie ondulatoire classique. Elles permettent chacune de se former du phénomène une image simple et intuitive, mais chacune des deux théories n'explique le phénomène réel que partiellement : nous obtenons ainsi par deux voies en apparence différentes, deux aspects complémentaires du mécanisme de l'échange d'énergie entre la lumière et la matière. La mécanique ondulatoire a permis de faire la synthèse de ces deux théories en les réunissant en une théorie mathématique complète et cohérente, mais cette théorie complète est abstraite et ardue. Aussi nous contenterons-nous, dans ce qui suit, de développer les deux points de vue élémentaires qui ne sont qu'en apparence contradictoires :

1° *La théorie quantique de l'effet Raman.* — Dans cette théorie qui ressuscite la théorie de l'émission de Newton la lumière est supposée formée d'un essaim de grains d'énergie ou photons, dont chacun transporte l'énergie :

$$E = hcN \text{ ergs}$$

N étant la fréquence de la lumière exprimée en nombres d'onde, h la constante de Planck et c la vitesse de la lumière.

D'autre part, l'énergie interne de vibration d'une molécule n'est susceptible que de variations discontinues et ces bonds d'énergie ont d'après la théorie des quanta la valeur :

$$E_v = hcn \text{ ergs}$$

en admettant qu'on puisse assimiler la molécule à un vibrateur harmonique de fréquence n cm^{-1} ce qui est correct en première approximation. La fréquence n est du domaine infrarouge et apparaît dans les spectres d'absorption infrarouges.

La diffusion de la lumière par la matière est considérée dans la théorie des quanta, comme une dispersion des grains de lumière par les molécules matérielles qu'ils frappent.

En heurtant les molécules, la plupart des photons sont éparpillés sans qu'il y ait échange d'énergie entre eux et la molécule. Les photons ainsi dispersés conservent leur énergie et par suite leur fréquence. C'est la diffusion ordinaire donnant naissance à la raie Rayleigh. Mais certains photons transmettent à la molécule heurtée l'énergie nécessaire pour la mettre en vibration, de sorte que le photon dispersé ne possède plus que la différence d'énergie :

$$E' = E - E_v = hc(N - n)$$

et par conséquent la fréquence :

$$N' = N - n.$$

C'est ainsi qu'apparaît l'abaissement de fréquence n cm^{-1} qui donne naissance aux raies Raman négatives.

Les raies Raman positives prennent naissance par un mécanisme inverse : la molécule en état de vibration avant le choc cédant au photon dispersé son énergie E_v pour élever sa fréquence de $+n$ cm^{-1}. Mais comme la proportion de molécules mises en vibration spontanée par l'agitation thermique est toujours petite, l'intensité des raies positives est faible et fonction croissante de la température du milieu.

Cette théorie quantique élémentaire, qui explique par un bilan d'énergie la naissance des raies Raman et qui nous montre qu'il y a identité entre les fréquences Raman et les fréquences de vibration intramoléculaires, ne nous donne par contre, aucun renseignement sur l'intensité relative et la polarisation de ces raies. Ces caractères sont au contraire interprétés par la théorie classique ondulatoire dont voici le principe :

2° *Théorie ondulatoire de l'effet Raman.* — Cette théorie considère la lumière comme un phénomène ondulatoire et interprète la formation des raies Raman comme un mécanisme de battement entre les vibrations lumineuses incidentes de fréquence N et les vibrations mécaniques de fréquence n de la molécule. La théorie des battements rend compte de l'apparition des fréquences de vibration $N \pm n$ qui forment les raies Raman. Nous allons analyser succinctement le mécanisme de ces battements : l'onde lumineuse incidente, de nature électromagnétique, soumet la molécule à un champ électrique alternatif de haute fréquence. Ce champ exercera sur les électrons contenus dans la molécule une force sinusoïdale qui les mettra en vibration forcée. Du fait de cette vibration de son édifice électronique la molécule acquiert un moment électrique sinusoïdal, de même fréquence que l'onde incidente ; et c'est le rayonnement de ce vibrateur dans l'espace qui engendre la lumière diffusée. L'onde réfractée est créée par la superposition de l'onde incidente et de l'onde diffusée dans la direction de propagation. La grandeur du moment électrique induit dans la molécule dépend des forces de liaison des élec-

trons et de l'orientation de la molécule par rapport à la vibration excitatrice.

On montre que les propriétés électriques et optiques de la molécule qui déterminent ce moment induit peuvent être représentées symboliquement par un ellipsoïde qu'on appelle ellipsoïde de polarisabilité ou encore ellipsoïde de réfractivité de la molécule. Lorsque les atomes exécutent à l'intérieur de la molécule des oscillations mécaniques, cet ellipsoïde subit une déformation périodique qui se fait au rythme n des oscillations atomiques. Cette périodicité de fréquence n s'imprime ainsi au moment induit qui possède déjà la fréquence N de l'onde incidente, et les deux mouvements périodiques interfèrent en donnant, à côté de l'onde diffusée normale, des ondes secondaires de fréquences $N \pm n$. Ce sont ces battements qui fournissent les raies Raman. Dans cette théorie l'écart de fréquence n de la raie Raman à la raie excitatrice représente donc aussi une fréquence de vibration mécanique de la molécule.

Nous pouvons donc énoncer la règle suivante :

La mesure des fréquences n *des raies Raman fournit les fréquences de vibration de la molécule.*

Remarquons que les mesures d'absorption infrarouges peuvent fournir les mêmes renseignements, mais que la technique de ces mesures est plus difficile et que les résultats sont plus complexes.

3° *Les vibrations moléculaires.* — Comment devons-nous nous représenter les vibrations moléculaires mises en évidence par le spectre Raman ? Les atomes qui constituent une molécule sont reliés entre eux par les forces de valence familières au chimiste. Ces liaisons ne sont pas rigides, mais déformables, de sorte que les atomes qui occupent des positions d'équilibre stable lorsque la molécule est au repos, peuvent osciller autour de ces positions d'équilibre lorsque la molécule est ébranlée. Cet ébranlement peut avoir lieu par les chocs mutuels des molécules (agitation thermique) ou par l'action d'une onde lumineuse sur la molécule.

En assimilant les atomes à des points matériels et les forces de valence chimique à des forces élastiques analogues aux forces de tension d'un système de ressort, le problème des vibrations de l'édifice moléculaire devient un *problème de mécanique* et peut être traité par les méthodes analytiques de la mécanique rationnelle.

Connaissant ou prévoyant la forme géométrique de la molécule (position mutuelle des atomes), il est possible de calculer alors en fonction des données géométriques et des forces de liaison la forme et la fréquence des vibrations que peut exécuter un tel système de points matériels. Voici le résultat général de cette analyse :

Le mouvement le plus complexe d'un système des points matériels reliés entre eux par des forces élastiques peut être considéré comme la superposition de $3s-6$ oscillations sinusoïdales indépendantes de fréquences définies n_i : on les appelle *oscillations fondamentales* du système et leurs fréquences n_i les *fréquences fondamentales.* Chacune de ces oscillations fondamentales peut être caractérisée par la variation sinusoïdale d'une certaine variable q_i qu'on appelle coordonnée normale.

$$q_i = Q_i \sin 2\pi n_i t.$$

Les $3s-6$ coordonnées normales qui définissent la forme des oscillations fondamentales sont des fonctions linéaires des coordonnées cartésiennes de points matériels reliés entre eux par des forvariation d'une coordonnée normale q_i entraîne un déplacement déterminé de *tous* les points du système, déplacement donné par les équations linéaires qui relient leurs coordonnées cartésiennes aux coordonnées normales q_i.

Chacune des oscillations fondamentales consiste donc en un mouvement d'ensemble de tous les points du système.

Nous savons que le spectroscope sépare une vibration lumineuse complexe en ses composantes sinusoïdales monochromatiques. Chacune des oscillations fondamentales de l'édifice moléculaire va donc donner naissance à une raie Raman de fréquence déterminée, et nous pouvons identifier les fréquences Raman observées avec les fréquences fondamentales n_i de la molécule.

L'analyse théorique des oscillations mécaniques d'une molécule permet donc, grâce à cette identification, de calculer numériquement les grandeurs moléculaires (distances interatomiques, angles des traits de valence, forces de liaison), qui interviennent dans les équations du mouvement. Nous allons donner quelques exemples qui illustreront ces notions un peu abstraites.

4° *Application aux molécules diatomiques.* — Nous avons déjà vu que l'analyse de la structure fine de rotation autour de la raie Rayleigh permet de calculer le moment d'inertie de la molécule. Les raies de rotation sont équidistantes et leur écart est donné par la formule :

$$\Delta n = \frac{h}{2\pi^2 cJ} = \frac{111\,\mathrm{cm}^{-1}}{J.10^{40}}$$

Δn étant de l'ordre de quelques cm^{-1}, on trouve ainsi des moments d'inertie J de l'ordre de 10^{-40} gr. cm^2.

En désignant par m_1 et m_2 les masses des deux noyaux atomiques et en posant pour abréger :

$$\frac{1}{\mu} = \frac{m_1}{1} + \frac{m_2}{1} \quad [31]$$

on a la relation :

$$J = \mu r2$$

qui permet de calculer la distance r des deux noyaux.

On trouve des distances de l'ordre de 1 Å.

En assimilant d'autre part la force de valence à une force élastique proportionnelle à l'écart :

$$F = fx$$

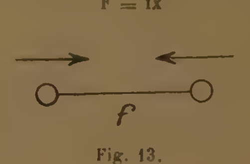


Fig. 13.

on peut calculer en fonction de f la fréquence de l'unique vibration possible, qu'on peut identifier avec la fréquence de l'unique raie Raman de vibration observée :

$$n^{cm-1} = \frac{1}{2\pi c}\sqrt{\frac{f}{\mu}} \quad [32]$$

Cette formule n'est autre que la formule du pendule.

En exprimant dans :

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_1} + \frac{2}{m_2}$$

les grandeurs m_1 et m_2 en masses atomiques dans le système O = 16, il vient, N étant le nombre d'Avogadro :

$$f = \frac{4\pi^2 c^2}{N} \mu . n^2 = 5,863 \; .10^{-2} \; .\mu n^2.$$

dynes par cm—1.

On trouve ainsi pour f des valeurs de l'ordre de 10^5 dynes par cm.

En égalant d'autre part l'énergie du mouvement pendulaire au quantum d'énergie hcn, la théorie des quanta permet de calculer *l'amplitude a de la vibration* par la formule :

$$a = 8,187. \sqrt{\frac{1}{\mu n}} \quad \text{Å}$$

On trouve pour a des valeurs de l'ordre de 0,1 Å.

On voit qu'il n'est pas tout à fait légitime d'assimiler ces oscillations à des oscillations infiniment petites par rapport à la distance des atomes (1 Å environ). Il en résulte une anharmonicité notable de la vibration et la fréquence Raman ne donne qu'en première approximation la fréquence des vibrations infiniment petites du système mécanique que constitue une molécule.

Enfin, on peut avec Kohlrausch calculer la *force élastique moyenne* K qui entretient la vibration et qui est donnée par :

$$K = \frac{f.a}{2} = 24 \; 10^{-8}\sqrt{\mu n^3} \text{ dynes.}$$

Le tableau 12 donne les valeurs des fréquences n des vibrations des molécules diatomiques, mesurées par leurs spectres Raman et des grandeurs moléculaires calculées à partir d'elles, ainsi que les écarts Δn entre les raies Raman de rotation observées et les valeurs de J et de r qui en sont déduites.

TABLEAU 12

Molécule	n^{cm-1}	$f_{10^{-5}}$	a en Å	K.10⁴ dynes	Δn cm⁻¹	J. 10⁴⁰	r en Å
H^2	4.155	5,06	0,18	4,55	235		0,75
O^2	1.552	11,3	0,074	4,14	5,75	19,1	1,20
N^2	2.329	22,2	0,064	7,14	8	13,8	1,22
HCl	2.780	4,40	0,158	3,47	42		1,28
HBr	2.479	3,56	0,166	2,94			1,42
HI	2.233	2,90	0,174	2,52			
CO	2.153	18,6	0,067	6,28			1,25
Cl^2	556	3,21	0,082	1,32			1,98
CH^3-CH^3	990	4,32	0,096	2,07			
$CH^2{=}CH^2$	1,620	10,75	0,0805	4,32			
$CH{\equiv}CH$	1.960	14,65	0,063	5,85			

Nous avons ajouté à ce tableau les fréquences de vibration des carbures d'hydrogène contenant deux atomes de carbone, et où chaque groupe hydrocarboné peut être assimilé à un point matériel en première approximation. Ces fréquences correspondent à la vibration des deux groupes l'un vis-à-vis de l'autre. Nous voyons que les forces f et K correspondantes varient en gros dans le rapport 1 : 2 : 3. Le nombre de traits de valence du chimiste peut donc être considéré en gros comme une mesure de la force de valence.

Molécules polyatomiques.

La connaissance de l'édifice moléculaire des molécules polyatomiques ne peut être obtenue que par approximations successives et avec le concours de toutes les autres méthodes qui étudient des propriétés moléculaires (formules de constitution chimique, mesure des moments électriques des molécules, analyse aux rayons X, spectres infra-rouges, effet Kerr, biréfringence électrique, etc...).

31. μ s'appelle la masse réduite.
32. c est la vitesse de la lumière.

Nous avons vu que les molécules diatomiques ne donnent qu'une seule raie Raman de vibration. Mais une molécule complexe formée de s atomes peut exécuter $3s-6$ oscillations fondamentales, soit 3 pour les molécules triatomiques, 6 pour les molécules tétratomiques, etc...

Le spectre Raman d'une molécule est en effet d'autant plus compliqué que la molécule est plus complexe.

L'analyse de ce spectre et l'attribution des raies aux différentes oscillations fondamentales de la molécule est un problème difficile. Heureusement nous possédons, pour débrouiller ce problème, deux guides précieux :

A) La mesure des facteurs de dépolarisation ρ des raies Raman jointe à la considération de la *symétrie des vibrations moléculaires* et de *l'ellipsoïde de réfractivité* fournit une méthode précieuse pour classer les raies Raman.

Cette méthode élaborée par G. Placzek[33] et J. Cabannes[34] a été exposée par P. Daure dans son « Introduction à l'effet Raman » (éditions de la *Revue d'Optique*, chapitre IV). Nous nous bornons à rappeler ici l'essentiel des résultats :

Nous avons vu que les propriétés optiques d'une molécule peuvent être représentées par l'ellipsoïde de réfractivité. Lorsque la molécule vibre, cet ellipsoïde subit des variations périodiques, et ce sont ces pulsations périodiques de l'ellipsoïde qui produisent avec l'onde incidente les battements optiques donnant naissance aux raies Raman.

Suivant la manière dont elles font varier cet ellipsoïde, les vibrations moléculaires et les raies correspondantes peuvent se classer en plusieurs catégories :

1° Les raies *symétriques* qui sont polarisées (facteur de dépolarisation $\rho < \frac{6}{7}$) et qui correspondent à des oscillations fondamentales qui conservent à la molécule en mouvement tous les éléments de symétrie de la molécule au repos. L'ellipsoïde de réfractivité se déforme, mais ses axes restent fixes dans l'espace.

2° Les *raies antisymétriques* et les *raies dégénérées* qui sont dépolarisées : $\rho = \frac{6}{7}$. La symétrie de la molécule qui vibre est inférieure à la symétrie de la molécule au repos. L'ellipsoïde de réfractivité oscille, tourne ou pivote sans se déformer, ou s'il se déforme la réfractivité moyenne (somme des carrés de ses trois axes) reste constante.

Les raies dégénérées correspondent aux cas où les fréquences de plusieurs vibrations fondamentales coïncident par suite de la symétrie élevée de la molécule. Plus la molécule est symétrique, plus il y a de raies dégénérées, ce qui peut réduire beaucoup le nombre des fréquences Raman distinctes.

3° Enfin, les oscillations fondamentales qui laissent complètement au repos l'ellipsoïde de réfractivité ne donnent pas lieu à des battements avec l'onde incidente et n'apparaissent pas dans l'effet Raman. Les raies correspondantes sont « interdites ».

Ces règles constituent les règles de polarisation et la règle de sélection pour l'effet Raman[35].

La mesure expérimentale des facteurs de dépolarisation des raies Raman permet donc de classer les raies et de les attribuer aux vibrations fondamentales prévues par l'analyse théorique du modèle mécanique de la molécule.

J. Cabannes et A. Rousset[36] ont abordé avec succès cette étude.

Comme exemple des résultats obtenus, citons celui de la molécule triatomique SO^2 dont les modes de vibration et le spectre Raman ont été complètement élucidés.

Par l'existence d'un moment électrique de la molécule SO^2 nous savons qu'elle a une forme angulaire :

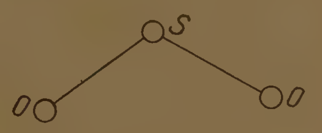


Fig. 14.

Un tel système de trois points peut exécuter trois sortes de vibrations fondamentales de fréquences différentes :

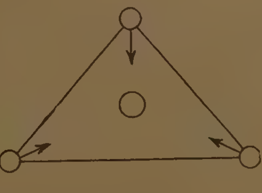


Fig. 15.

Les vibrations n_1 et n_3 sont symétriques, la vibration n_2 est antisymétrique[37].

33. G. Placzek : Rayleighstreuung u. Ramaneffekt, *Handbuch der Radiologie*, Leipzig 1934.
34. J. Cabannes : *Ann. de Phys.*, 18 (1932), p. 285.

35. La règle de sélection pour l'effet Raman est distincte de celle du spectre infrarouge. Des raies interdites dans l'un des spectres peuvent apparaître dans l'autre. Les renseignements fournis par les deux domaines d'investigation se complètent donc heureusement.
36. *Ann. de Phys.*, t. 19 (1935), p. 229.
37. Considérons le modèle mécanique des 3 points matériels reliés par 2 ressorts. Comprimons symétriquement les 2 res-

Les vibrations n_1 et n_2 sont des vibrations *longitudinales* dans la direction des forces de valence.

La vibration n_3 est une vibration *transversale* qui déforme l'angle de valence. Les forces perpendiculaires aux traits de valence étant faibles par rapport aux forces de liaison (ceci résulte des connaissances chimiques), la fréquence de n_3 doit être petite par rapport à n_1 et n_2.

Or, la molécule SO^2 donne effectivement trois raies Raman dont Cabannes et Rousset ont mesuré les facteurs de dépolarisation :

1146	1340	525	cm^{-1}
$\rho = 0{,}14$	0,8	0,6	
n_1	n_2	n_3	

ce qui permet de les attribuer sans équivoque aux trois vibrations fondamentales n_1, n_2 et n_3.

On en déduit pour l'angle α la valeur 119° 40', et l'on peut calculer également les forces f de valence et d de flexion.

Cabannes et Rousset ont analysé avec le même succès les spectres Raman formés de quatre raies des molécules pyramidales PCl^3 et PBr^3, et ils ont déterminé pour ces molécules le rapport $\frac{h}{a}$ entre la hauteur de la pyramide et le côté du triangle équilatéral de base.

Autre exemple: Les ions XO^3 : NO^3, CO^3, ClO^3.

On sait déjà par ailleurs que les trois atomes d'oxygène sont au sommet d'un triangle équilatéral (spectres de rayons X.)

L'atome central est-il dans le plan des oxygènes ou en dehors de ce plan ? Dans le premier cas, on ne doit observer qu'une seule raie Raman, celle qui correspond à la pulsation symétrique des trois atomes d'oxygène vers le centre ; elle doit être polarisée ; les autres raies sont interdites par la règle de sélection, en particulier la vibration de l'atome X dans la direction perpendiculaire au plan de la molécule, car elle ne modifie pas l'ellipsoïde de réfractivité. Si l'atome X est au contraire en dehors du plan des oxygènes, cette vibration doit se manifester dans l'effet Raman ainsi que deux autres formes de vibration : on doit observer alors quatre raies Raman au lieu d'une seule.

Les ions NO^3 et CO^3 ne donnent qu'une seule raie qui est polarisée, ils appartiennent donc au premier type : édifice plan ; l'ion ClO^3 donne plusieurs raies Raman, sa structure est par conséquent pyramidale.

B) Le *deuxième guide* qui facilite le débrouillage des spectres Raman des molécules complexes résulte de la règle que nous avons déjà citée dans le deuxième chapitre : la présence d'un groupement fonctionnel ou d'un radical dans une molécule se traduit par la présence, dans son spectre Raman, de raies caractéristiques de ce groupement dont la fréquence est à peu près indépendante du reste de la molécule. Nous avions présenté cette règle comme une règle empirique. Il nous reste à en donner ici une justification à l'aide de la théorie générale des oscillations fondamentales, et à nous rendre compte de son domaine de validité.

Nous avons vu que chaque oscillation fondamentale correspond à un mouvement d'ensemble de tous les atomes de la molécule. En toute rigueur on ne peut donc pas localiser une vibration dans la molécule et l'attribuer à telle ou telle liaison ou à tel ou tel groupement d'atomes (radical), car toute déformation même locale de la molécule produit une oscillation qui entraîne dans le mouvement l'ensemble des atomes de la molécule. Mais il peut se faire, dans certaines conditions à déterminer, que l'entraînement du reste de la molécule soit très faible et qu'une très grosse fraction de l'énergie du mouvement reste localisée dans une partie de la molécule. Dans ce cas les fréquences des oscillations sont à peu près indépendantes de la structure du groupe d'atomes en repos et ne dépendent que du groupe d'atomes en mouvement et de ses liaisons internes. Ces conditions se trouvent réalisées dans les deux cas limites suivants :

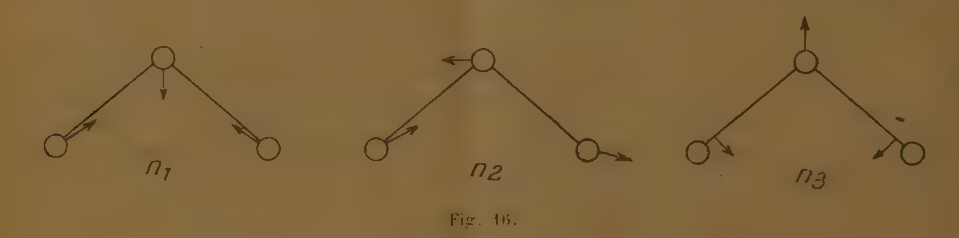


Fig. 16.

sorts et lâchons le système, nous obtenons la vibration de forme n_1.

Comprimons un seul ressort R, tendons l'autre et lâchons. Le système exécutera la vibration n_2. Pour obtenir la vibration n_3, il suffit de fléchir les 2 ressorts en diminuant l'angle de valence : c'est une oscillation de flexion.

1° Le reste de la molécule est très lourd par rapport au groupe déformé ;

2° La liaison qui unit le groupe déformé au reste de la molécule est faible par rapport aux forces de liaison à l'intérieur du groupe.

La règle empirique qui attribue à un radical ou à une liaison chimique des vibrations « internes » localisées peut donc être considérée comme une *loi limite* et non pas comme une loi générale. Son intérêt résulte du fait que dans beaucoup de molécules chimiques l'une ou l'autre des deux conditions précédentes se trouve pratiquement réalisée. Mais il n'en est pas toujours ainsi et il importe que le chimiste se rende compte de la portée limitée de la règle.

Considérons par exemple la liaison R — H dans une molécule organique entre un carbone et un atome d'hydrogène et supposons que nous la déformions par compression par exemple. Nous obtiendrons une vibration dont la fréquence pourra être représentée par une formule du type :

$$n = \frac{1}{2c\pi}\sqrt{f\left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right)}$$

où f est la force de liaison de la valence C — H et où m_1 et m_2 représentent respectivement les masses de l'atome d'hydrogène et du radical R. On voit que quelles que soient la nature et la masse du radical R, la fréquence sera ici surtout déterminée par la masse de l'atome d'hydrogène parce qu'il est très léger par rapport au reste de la molécule

$$\left(\frac{1}{m_2} \ll \frac{1}{m_1}\right)$$

Cette particularité explique que les composés contenant des liaisons carbone-hydrogène donnent tous des fréquences qui s'écartent peu de la valeur moyenne 3.000 cm^{-1}. Pratiquement l'atome d'hydrogène vibre seul par rapport au reste lourd de la molécule qui, à cause de son inertie, ne participe guère au mouvement.

Deuxième exemple : Considérons un composé acétylénique R — C ≡ C — R', comprimons le « ressort » de la triple liaison et abandonnons la molécule à elle-même. Les deux carbones vont exécuter des oscillations périodiques, sous l'influence de la force élastique de la triple liaison, et comme les simples liaisons de part et d'autre sont très lâches par rapport à la triple liaison, elles transmettront peu l'énergie du mouvement aux radicaux R et R'. Pratiquement la vibration sera donc localisée aux deux carbones adjacents à la triple liaison, et sa fréquence dépendra peu du reste de la molécule. Il est donc possible de parler d'une raie caractéristique de la triple liaison qui se situe au voisinage de 2.000 cm^{-1}.

Voici maintenant des exemples où au contraire, les conditions de validité de la règle empirique ne sont pas satisfaites et où la règle est mise complètement en défaut :

L'éthylène $CH^2 = CH^2$ possède une fréquence Raman $n = 1.625$ cm^{-1}, qu'on peut considérer comme la fréquence caractéristique de la double liaison, car elle se retrouve peu modifiée dans le spectre Raman de la plupart des composés éthyléniques.

Or, l'allène $CH^2 = C = CH^2$ ne possède pas de fréquence dans ce domaine, mais une raie intense $n' = 1170$ cm^{-1}. La théorie mécanique rend facilement compte de cette apparente anomalie : les deux liaisons doubles adjacentes de l'allène sont l'équivalent de deux ressorts identiques placés bout à bout, de sorte qu'on peut réaliser ici une même déformation que pour l'éthylène, mais avec une force de tension moitié.

On doit donc avoir la relation :

$$\frac{n'}{n} = \sqrt{\frac{f'}{f}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \qquad n' = \frac{n}{\sqrt{2}}$$

qui est à peu près satisfaite.

De même il ne faut pas s'attendre à trouver dans le cyclopropane

```
      CH²
     /   \
  CH² — CH²
```

une raie du domaine de la simple liaison (990 cm^{-1} pour l'éthane), mais l'analyse montre que la fréquence doit être voisine de celle de la simple liaison multipliée par $\sqrt{\frac{3}{2}}$. La valeur de la fréquence trouvée $n = 1.210$ cm^{-1} est bien conforme à cette prévision.

La théorie générale montre encore qu'une déformation de la molécule qui abaisse sa symétrie, peut faire apparaître des raies interdites ou dédoubler des fréquences dégénérées. Un exemple de ce genre a été cité par des auteurs japonais [38] pour la molécule $CH^2Cl — CH^2Cl$. Une grande prudence dans la généralisation des règles empiriques s'impose donc aux chercheurs.

Beaucoup d'autres questions intéressantes comme celle de la structure du noyau benzénique par exemple, peuvent être abordées par l'effet Raman. La place nous manque pour citer toutes les applications d'un domaine de recherche aussi riche et en plein développement. Une conclusion générale se dégage déjà des études de structure moléculaire entreprise par l'effet Raman. Pour aborder la dynamique moléculaire les physiciens

38. Mizushima, Morino, Higasi : *Scientific Papers of the Institute of Physical and chemical Research*, Tokyo. t. XXV, (1934), p. 159 et t. XXVI (1934), p. 1.

avaient le choix entre deux hypothèses sur les forces mutuelles qui s'exercent entre atomes dans les molécules :

1° L'hypothèse des forces centrales qui est conforme au principe des forces qui régit les phénomènes astronomiques, et;

2° L'hypothèse des forces de valence (forces de liaison longitudinales et forces de flexions transversales s'opposant à une déformation de l'angle de valence).

Cette dernière hypothèse est suggérée par toute l'expérience des chimistes.

Les connaissances déjà acquises par l'analyse des spectres Raman semblent décider en faveur de la seconde hypothèse et confirment ainsi l'intuition des chimistes.

La nécessité de ce choix montre nettement que la notion classique des champs de forces radiales s'exerçant entre particules électrisées est insuffisante pour expliquer la dynamique intramoléculaire et qu'il faut faire appel à des notions nouvelles qui exigent une généralisation des bases de la mécanique.

A. Kastler,
Docteur ès sciences,
Assistant à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques.

Bate Hardy (Sir William). — **Collected Scientific papers**, *publiés sous les auspices du « Comité des Colloïdes » de la* Faraday Society. — 1 *vol. in-8° de* 922 *pages, avec figures et planches hors texte. University Press, Cambridge*, 1936. (*Prix, relié :* 63 $).

Sir William Bate Hardy fut l'un des premiers biologistes qui comprirent toute l'importance du rôle que jouent les substances colloïdales dans les phénomènes de la vie. Aussi consacra-t-il un nombre considérable de recherches à l'étude des propriétés physico-chimiques des colloïdes. Il fut l'un des pionniers les plus actifs de la science des colloïdes, qui lui doit quelques-unes de ses lois les plus générales. Floculation et électrophorèse des solutions colloïdales, transformations reversible et irréversible des sols et des gels, électrolytes colloïdaux, orientation des molécules en chaîne à la surface de séparation de deux phases, et comme corollaire, étude des phénomènes de lubrification, tels sont les principaux domaines de la physico-chimie des colloïdes dans lesquels s'est exercée l'activité de Sir William Bate Hardy et qui lui doivent les contributions les plus importantes. Il comprenait si bien l'intérêt que présente une connaissance plus précise des propriétés des colloïdes pour les progrès des sciences biologiques et aussi pour un grand nombre de techniques industrielles qu'il fit créer dans la *Faraday Society* un « Comité des colloïdes » destiné à susciter et à confronter, au cours de réunions annuelles, les recherches relatives à l'état colloïdal.

On conçoit par là l'intérêt que présente le volume où ont été réunis les mémoires scientifiques que Sir William Bate Hardy avait publiés dans un grand nombre de recueils, souvent difficiles à consulter. Nul hommage ne pouvait être plus utile à la mémoire du grand savant disparu. En lisant ces « *Collected scientific papers* » on a l'impression d'assister à la genèse de cette science des colloïdes, encore à ses débuts et si pleine de promesses. Tous ceux qui s'y consacrent seront heureux de posséder le beau volume qui renferme les mémoires fondamentaux par lesquels ont été établis les faits les plus importants sur lesquels elle repose et qui pourront leur suggérer d'intéressantes idées de recherches.

A. Boutaric.

⁂

Boutaric (A.). — **Les Conceptions actuelles de la physique.** — 1 *vol in-8° de* 289 *pages E. Flammarion, éditeur, Paris*, 1936. (*Prix, broché :* 12 *fr.*).

M. le Professeur Boutaric, l'un des maîtres de la pensée scientifique française, dont on connaît le brillant talent d'écrivain et de vulgarisateur, vient de publier, dans l'excellente *Bibliothèque de Philosophie scientifique* dirigée par M. Paul Gaultier, de l'Institut, une très remarquable mise au point des récentes découvertes acquises dans le domaine de la matière et du rayonnement, ainsi qu'un exposé très concret des tendances actuelles des théories physiques et de leurs conséquences philosophiques profondes.

Après avoir précisé avec netteté les rapports de la science et de la philosophie, l'auteur documente tout d'abord le lecteur sur la structure générale de la matière, puis expose successivement la théorie ondulatoire de la lumière, celles des quanta et de la relativité, théories dont il montre les origines et dont il précise les diverses étapes. Il examine ensuite quelques aspects de la mécanique quantique, après avoir signalé les difficultés de la théorie atomique de

Bohr. Les chapitres suivants sont consacrés aux relations d'incertitude, à l'examen de quelques aspects philosophiques de la mécanique quantique ainsi qu'aux résultats dus à l'association de la relativité et des quanta. Dans un dernier chapitre se trouvent lumineusement exposées les deux grandes théories modernes au moyen desquelles mathématiciens et physiciens essaient de se représenter l'infiniment petit.

En même temps qu'un précieux bilan des conceptions actuelles de la physique et une base solide de toutes les informations futures, l'ouvrage de M. Boutaric est une brillante initiation s'adressant au public lettré dont il tiendra constamment la curiosité philosophique en éveil.

E. Cattelain.

2° Sciences naturelles.

Beauverie (J.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.* — **Les Cryptogames vasculaires vivantes et fossiles** (Cours de botanique professé à la Faculté des Sciences de Lyon). — 1 *vol.* (27×21) *comprenant* 154 *pages (dactylographie) accompagné de* 46 *planches formant album à la fin de l'ouvrage (environ* 600 *figures*). Centre de Documentation universitaire, 5, *place de la Sorbonne, Paris (Ve). (Prix :* 50 *fr).*

L'auteur s'est efforcé de faire un exposé au courant de la Science contemporaine; il a notamment développé la partie paléontologique trop négligée dans les traités classiques; aussi a-t-il pu asseoir sur des données suffisantes les considérations phylogénétiques qu'il développe. Les auteurs dans lesquels il a puisé sont surtout : Bower, l'ouvrage capital de *Pflanzenfamilien;* viennent ensuite : Paul Bertrand, Scott, Seward, W. J. Hooker et Bauer, Pelourde, Lotsy, Hirmer, Christ, Chodat, Bonnier, v. Wettstein, Zeiller, etc., et d'autres qu'il cite dans sa bibliographie.

Ce travail, qui n'a pas de similaire dans la littérature française par l'ampleur du développement, la place donnée à la Paléobotanique si importante dans l'étude de ce groupe, les considerations phylogénétiques, est appelé à rendre de grands services à tous ceux qui enseignent ou apprennent les Ptéridophytes.

L'illustration est particulièrement à signaler : elle est très abondante et telle que l'exposé se réfère presque constamment à une représentation graphique qu'il sera commode de suivre pas à pas en lisant le texte. Les figures dessinées par l'auteur, au simple trait, sont telles qu'on puisse les reproduire aisément au tableau noir et sur le cahier de cours; signalons, par exemple l'illustration des Fougères du Paléozoïque qu'une documentation aimablement fournie par M. Paul Bertrand a permis d'établir dans des conditions favorables et que complètent des figures d'Hirmer.

Le nouveau livre de M. Beauverie constitue, avec ses « Gymnospermes vivantes et fossiles », paru en 1933, un ensemble documenté sur le domaine de la Systématique présentant le plus d'intérêt pour l'étude de l'origine et de l'évolution des flores ayant successivement occupé le Globe. Ce domaine est encore celui qui offre le plus de difficultés d'étude, aussi était-il bon que nos connaissances sur ce sujet fussent présentées avec un développement suffisant. Les manuels ou traités sont trop brefs ou ne peuvent faire état des découvertes trop récentes qui ont renouvelé, par exemple, la question des Fougères fossiles. Le livre de M. Beauverie vient combler une importante lacune.

Nous souhaitons que cet ouvrage rende des services et épargne un long et difficile travail aux étudiants des Facultés, des Instituts agronomiques, des Ecoles des Mines, etc., aux professeurs des Facultés, Lycées et à tous ceux qu'intéressent les grandes questions de Systématique, de Biologie et d'Evolution.

A. Tronchet,
Docteur ès Sciences.

3° Sciences médicales.

Nicolle (Charles). — **Responsabilités de la Médecine** (*deuxième partie*) ; — **La Destinée humaine.** — *Félix Alcan, éditeur.*

Le célèbre bactériologiste Charles Nicolle termine sa carrière en faisant un examen de conscience. Il effleure de graves questions et propose des solutions personnelles. Des concours médicaux, il s'élève au rôle international de la médecine et des médecins. — Il fait l'éloge et le procès de la Raison. — Citons un passage dont le développement eût été intéressant : « Tout être vivant, toutes parties de ces êtres, subissent incessamment des déséquilibres légers que d'autres déséquilibres inverses compensent. Si l'oscillation est forte, la contre-oscillation qui lui répond offre une même amplitude. A partir d'un certain degré, l'amplitude est telle qu'aucune autre oscillation ne saurait la compenser. Dans ce cas, il y a rupture d'équilibre et c'est, pour partie ou pour totalité de l'être, la mort. » — A propos de la finalité, se basant sur l'étude des coaptations de Cuénot, Charles Nicolle conclut que nulle explication de ces phénomènes ne peut être donnée par notre raison, sauf celle d'une finalité.

Le savant condamne la finalité, le métaphysicien l'admet. Nous nous trouvons en présence de deux solutions qui, logiquement, s'excluent. C'est une preuve de l'incapacité de notre jugement.

R. P.

4° Art de l'Ingénieur.

Damour (E.). — **Cours de verrerie** (*Tome III*) *:* Le refroidissement du verre. Le travail du verre. Propriétés physiques à froid. — 1 *vol. in-8° de* 273 *pages,* 72 *fig. Béranger, éditeur, Paris.* (*Prix :* 55 *fr.*).

M. Emilio Damour vient de publier le tome III du *Cours de Verrerie* qu'il professe au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Dans les deux premiers volumes, il avait étudié successivement la chimie du verre, puis sa physique thermique.

Le présent ouvrage, d'un caractère essentiellement pratique, prend le verre à l'état fondu pour en étudier le refroidissement sous toutes ses formes, avec ses effets variés, soit de cristallisation, soit de trempe.

Le mécanisme et toutes les circonstances de la dévitrification y sont méthodiquement passés en revue, ainsi que les principales applications industrielles du verre dévitrifié.

Il en est de même du phénomène de la trempe, et de ses conditions générales et limites, ainsi que des propriétés et applications du verre trempé.

Un chapitre complet est consacré au refroidissement dirigé, ou recuit, avec examen détaillé des meilleures conditions de sa réalisation et de son contrôle.

La deuxième partie de l'ouvrage, consacrée au travail du verre, énumère les principales industries verrières et leurs méthodes habituelles de travail, et donne une monographie des fabrications les plus courantes (verre à vitres, glaces, cristallerie).

Enfin la dernière partie, qui traite plus spécialement des propriétés du verre à froid (mécaniques, électriques, optiques, chimiques), se termine par un chapitre ayant pour objet l'étude et l'organisation d'un laboratoire d'essais et de contrôle physiques des verreries.

Cet ouvrage, bien divisé et mis à jour des travaux les plus récents sur la question, constitue une documentation des plus complètes qui existent sur l'industrie verrière.

Emile Fabrègue.

***

Fabrègue (Emile). — **Traité pratique de chauffage et de ventilation.** Tome I. Technique des Installations. — 1 *vol. in-8° de 548 pages. Edité à la Librairie de l'Enseignement technique, Paris*, 1936.

Peu de questions techniques ont subi, depuis quelques années, une évolution plus rapide que celle du chauffage et de la ventilation. La nécessité de chauffer et de ventiler simultanément des locaux de plus en plus vastes, la généralisation du chauffage urbain, l'introduction de plus en plus fréquente du mazout comme combustible, l'abaissement du prix du kilowatt-heure électrique, et bien d'autres causes, ont amené les techniciens du chauffage à modifier et à perfectionner considérablement leurs méthodes et leurs installations. M. Fabrègue a entrepris une mise au point de ces problèmes et, dans le premier volume qu'il publie aujourd'hui, il traite de la technique des installations. Cette mise au point vient évidemment à son heure et rendra grand service, non seulement aux ingénieurs, mais aux architectes.

Le volume est divisé en quatre parties. La première porte le titre « Généralités sur le confort ». Mais, en réalité, elle traite surtout des éléments physiques qui interviennent dans le chauffage et dont la combinaison judicieuse apporte une aide au confort. Les premiers chapitres résument la partie de la physique appelée couramment « Chaleur », mais que l'auteur préfère dénommer « Thermique ». On y trouve aussi l'exposé des propriétés physiques et chimiques de l'eau et de l'air, ainsi que des notions sur l'écoulement des fluides, la production et la propagation de la chaleur. Dans la seconde partie, intitulée « Le chauffage domestique et ses réalisations », l'auteur examine tour à tour les divers systèmes de chauffage par l'eau chaude (y compris les circulations accélérées), le chauffage par la vapeur d'eau aux diverses pressions et le chauffage par l'électricité; l'équipement des foyers, le comptage et la régulation, l'accumulation et la récupération sont l'objet d'études spéciales. La troisième partie est consacrée au chauffage par l'air et aux questions qui s'y rattachent. Elle comporte en particulier l'étude de l'aération et de la ventilation, celle du tirage et de la fumivorité, celle des divers emplois de l'air chaud pulsé et non pulsé, et elle se termine par l'examen du conditionnement de l'air des locaux. Enfin la quatrième partie est consacrée à des compléments indispensables sur les industries annexes du chauffage et de la ventilation : isolation thermique, mécanique et acoustique, bains, buanderie, cuisine, désinfection, séchage, dissipation des buées et odeurs, production du froid.

On voit qu'il s'agit vraiment d'un exposé approfondi de tous les problèmes qui touchent de près ou de loin au chauffage. Il va sans dire que la discussion, surtout dans sa partie proprement scientifique, est assez peu poussée et sujette à des objections. C'est ainsi que l'exposé du principe de l'équivalence est peu correct, que l'orthographe des noms propres (Rumford, Boltzmann...) n'est pas toujours respectée, etc. Mais les praticiens et les ingénieurs seront très satisfaits de la clarté de l'exposé et de la richesse des renseignements accumulés. Le livre de M. Fabrègue est certainement, à l'heure actuelle, une des meilleures sources de renseignements en langue française que l'on puisse trouver sur cet important sujet.

Eugène Bloch.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 25 Mai 1936.

M. **P. Portier** est élu membre de la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. Ch. Richet, décédé.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **D. Dugué** : *Sur certains modes de convergence des lois d'estimation.* — M. **S. Finikoff** : *Sur quelques réseaux conjugués.* — M. **C. Dramba** : *Sur les singularités du problème restreint des trois corps.* Il n'existe pas d'autres singularités réelles du problème restreint que les chocs qui résultent, quand une masse s'annule, des développements suivant les puissances du temps formés par M. Sundman. — M. **Eug. Leimanis** : *Sur les solutions d'un système différentiel au voisinage d'une multiplicité singulière.* — MM. **A. D. Michal** et **E. W. Paxson** : *La différentielle dans les espaces linéaires abstraits avec une topologie.* — M. **F. Vasilesco** : *Sur le problème de Dirichlet généralisé et ses rapports avec le balayage.* — M. **R. Valtat** : *Machine à calculer fondée sur l'emploi de la numération binaire.* L'emploi du système binaire de numération a l'avantage de permettre l'exécution mécanique des opérations arithmétiques au moyen d'organes plus simples que ceux qu'exige l'emploi de la numération décimale. Mais la machine doit alors comporter de nouveaux dispositifs destinés à la transposition en écriture binaire des nombres écrits en écriture décimale, et inversement. L'auteur décrit une machine basée sur ces principes. M. **M. d'Ocagne** fait un rapprochement entre la machine de M. Valtat et un procédé de multiplication au moyen d'un damier découvert dans la *Rhabdologie* de Néper. — M. **P. Castells Vidal** : *Sur une machine à résoudre les systèmes d'équations linéaires.* — M. **D. Riabouchinsky** : *Recherche comparative sur l'aérodynamique des petites et des grandes vitesses.* En observant la variation du système d'ondes produites par un plan mince introduit dans l'appareil de l'analogie hydraulique des mouvements d'un fluide compressible, l'auteur a constaté que la configuration des ondes varie brusquement au voisinage d'un angle d'attaque d'environ 30°. La courbe des moments est particulièrement affectée par cette variation de régime et devient pratiquement discontinue au voisinage de l'angle critique. — MM. **A. Toussaint** et **S. Pivko** : *Veine plane guidée. Influence sur les caractéristiques aérodynamiques des ailes sustentatrices.* Les auteurs étudient l'influence des parois sur les caractéristiques aérodynamiques des ailes essayées dans les souffleries quand les dimensions de l'aile (corde et l'épaisseur du profil) sont importantes par rapport à l'épaisseur du courant. — M. **J. Chalom** : *Sur les trompes à réaction.* Grâce à une étude détaillée expérimentale des éléments constitutifs de la trompe à réaction, l'auteur a obtenu une amélioration notable de leur fonctionnement. — M. **L. Bréguet** : *Sur les possibilités de vitesse et de rayon d'action des gyroplanes.* Les gyroplanes possèdent, outre les qualités qui leur sont propres (envol et atterrissage verticaux), des avantages appréciables sur les avions en ce qui concerne la vitesse et le rayon d'action. — M. **M. Serruys** : *Influence de la turbulence sur le coefficient polytropique de détente dans les moteurs à essence.* La combustion se poursuit activement jusqu'à la fin de la détente, quand la turbulence est faible, tandis que l'équilibre chimique paraît être atteint avant le premier tiers de la détente, lorsque la turbulence est suffisante. — M. **S. Serghiesco** : *Sur la formule de Fresnel dans une théorie corpusculaire de la lumière.* — M. **G. Durand** : *Sur l'application de la relation masse luminosité aux étoiles doubles visuelles.* Les résultats de l'auteur confirment la réalité de la relation masse-luminosité ; il n'y a pas lieu de faire subir une correction notable aux constantes adoptées par Eddington.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **P. Vernotte** : *Les dimensions théoriques des tourbillons cellulaires de Bénard.* La largeur des tourbillons déduite de la théorie est $4\,h/\sqrt{3}$ ($h =$ épaisseur), nombre voisin de ceux obtenus expérimentalement par M. Bénard. — M. **R. Julia** et **J. Fallou** : *Sur l'extension des propriétés du quadripole aux réseaux polyphasés équilibrés les plus généraux.* — M. **A. Michel** : *Conditions de désaimantation du sesqui-oxyde de fer rhomboédrique.* Les courbes de refroidissement de ce corps présentent une anomalie d'aimantation dont l'amplitude et la position dépendent de la température de recuit. — M. **R Servant** : *Mesures de biréfringence dans l'ultraviolet lointain.* Il y a accroissement rapide de la biréfringence au voisinage des régions d'absorption pour la barytine et le gypse. — MM. **L Capatos** et **N. Pérakis** : *Etude magnétique des cristaux mixtes de cuivre et d'argent divalents.* Il s'agit des cristaux mixtes de persulfates d'argent et de cuivre dipyridinés. La constante de Curie d'un mélange est d'autant plus grande que le point de Curie est plus grand. L'introduction d'une faible quantité d'Ag dans Cu, et réciproquement, abaisse la constante et le point de Curie du constituant prédominant, et cet abaissement est linéaire. — M. **G. Ahier** : *Filtres de Christiansen.* L'auteur remplace dans le filtre monochromateur de Christiansen les liquides organiques employés jusqu'ici par les bromo et iodo-mercurates de K et de Ba. Les bandes de transmission sont plus étroites et se déplacent moins par variation de température. — MM. **V. Lombard**, **Ch. Eichner** et **M. Albert** : *Perméabilité du palladium à l'hydrogène. Perte du pouvoir diffusant du palladium pur sous l'influence de la température. Régénération du palladium empoisonné.* — Mlle **O. Hun** : *Détermination de l'hydratation globale des ions de l'iodure de potassium par voie cryoscopique.* Une molécule d'iodure en solution 0,5 M fixe 8,6 mol. d'eau. En ce qui concerne les halogènes, pour un même cathion, l'hydratation augmente quand le poids atomique de l'anion

augmente. — M. A. **Boutaric** et Mlle **P. Berthier** : *Sur le mécanisme de l'ascension des hydrosols et des solutions colorées à travers les corps poreux.* — Mlle **L. Chaumeton** : *Les sels d'argent de l'acide amidosulfonique.* L'auteur a obtenu par deux voies différentes le sel $[NH^3Ag]^2 NSO^3 [Ag NH^3]. 2H^2O$. — MM. **O. Binder** et **P. Spacu** : *Action de l'acide malonique sur le chlorure de cobaltidichloro-*trans*-diéthylènediamine.* Cette action donne l'isomère violéo et non le sel monaquo. — M. **A. Boullé** : *Sur les métaphosphates et pyrophosphates de calcium.* Le métaphosphate de Ca subit par chauffage des transformations allotropiques mises en évidence par l'analyse thermique et les spectres de rayons X : méta anhydre amorphe (400°) → méta α (765°) $\rightleftarrows$ méta B. En milieu alcalin, le triméta et l'hexamétaphosphate de Na précipitent des produits qui cristallisent après calcination et constituent une même variété de pyrophosphate de calcium. — MM. **P. Lacombe** et **G. Chaudron** : *Mécanisme de la décomposition des solutions solides aluminium-magnésium.* — M. **H. Fournier** : *Sur l'application des méthodes d'analyses microchimiques à l'étude de la corrosion des alliages légers d'aluminium.* Les essais mettent en évidence une différence d'allure dans le processus de la corrosion de deux alliages : un alliage léger, type duralumin, et un alliage à 8,65 % de Mg, et particulièrement l'autoprotection du second. — M. **R. Pajeau** : *Action du brôme en excès sur quelques dérivés du benzène en présence de bromure de glucinium.* La présence d'un groupe méthyle permet de fixer 3 at. de Br dans le noyau du toluène en position 2, 4, 5. Le Br ne se substitue pas au Cl du noyau dans le chlorobenzène, mais il se fixe 2 at. de Br dans le noyau. — M. **J. de Lapparent** : *Formule et schéma structural de l'attapulgite.* La formule la plus probable paraît être $(OH)^2 H^2 (Mg^2 Al^{4/3}) Si^8H^4O^{10}$. Les attapulgites se manifestent comme des phyllites 10 Å.

3° Sciences naturelles. — M. **Louis Dangeard** : *Etudes des calcaires oolithiques par coloration et décalcification.* Le colorant (bleu de méthyle, violet de gentiane, vert de méthyle) est fixé énergiquement par les nombreux restes organiques qui sont inclus dans les oolithes et par certaines zones oolithiques elles-mêmes. On peut mettre ainsi en évidence les nombreuses loges des Foraminifères enveloppants qui sont fixés sur les zones concentriques successives, et les réseaux d'Algues perforantes qui sont inclus dans l'écorce des oolithes. La décalcification lente des oolithes permet d'isoler les filaments des Algues perforantes. Enfin après décalcification totale, la plupart des oolithes étudiées gardent leur forme et une partie de leur structure grâce à la matière organique conservée. Ces divers organismes paraissent avoir joué un grand rôle dans la précipitation du carbonate de chaux et dans l'évolution même d'un grand nombre d'oolithes. — M. **Théodore Monod** : *Données nouvelles sur la structure du Sahara occidental.* — M. **Marcel Gautier** : *Sur la stratigraphie de la région de Nemours (Algérie).* Dans cette région, on peut observer, du Sud au Nord une série jurassique à peu près complète et assez épaisse ; une série jurassique très incomplète, en partie masquée par des dépôts du Miocène inférieur et de l'Helvétien ; une série secondaire très puissante (plus de 1.500 m.), avec Trias de faciès germanique, Lias calcaire, Jurassique moyen et supérieur et Crétacé schisteux. — M. **Armand Renier** : *Sur le plan structural du sous-sol de la Belgique, principalement d'après les travaux miniers.* — M. **Henri Marcelet** : *Présence de carbures d'hydrogène dans le produit enlevé par la désodorisation dans le raffinage de l'huile d'arachide.* Description des caractères de deux nouveaux produits obtenus au cours de la désodorisation de l'huile d'arachide. Leur formule est : $C^{15}H^{30}$ et $C^{19}H^{38}$. Ces carbures sont très voisins des acides gras de l'huile d'arachide : acide hypogéique ($C^{16}H^{30}O^2$) et acide arachidique ($C^{20}H^{40}O^2$), aussi les a-t-on nommé respectivement : Hypogéène et Arachidène. Ces carbures ont un goût abominable sous lequel on retrouve pourtant le parfum et le goût caractéristiques du corps gras. Il est logique de leur attribuer un rôle aromatique (gustatif et olfactif). — MM. **Paul Riou**, **Gérard Delorme** et **Hormisdas** : *De la distribution du manganèse et du fer dans les pins du Québec.* Les dosages ont été faits dans trois espèces du genre *Pinus* (les pins rouge, blanc et gris). Les chiffres obtenus ont montré que la teneur en cendres varie dans les différentes parties de la plante de façon semblable pour les trois pins. La somme des teneurs en fer et en manganèse présente la même régularité pour les trois pins et les variations pour les différentes parties de la plante sont sensiblement constantes. Les teneurs en fer et en manganèse varient en sens inverse l'une de l'autre. Les quantités de fer et de manganèse se trouvent dans les parties actives de la plante, les feuilles et les rameaux ; par la suite ces métaux semblent s'accumuler dans l'écorce. — MM. **Etienne Foex** et **Maurice Lansade** : *L'action pathogène d'une forme de* Fusarium oxysporum *isolée de la Pomme de terre.* On observe, depuis plusieurs années, dans les cultures de Pommes de terre, des flétrissements : les feuilles se fanent et les tiges s'affalent ; l'anneau vasculaire du tubercule est légèrement brun et celui-ci est souvent le siège d'une pourriture bactérienne. On a pu isoler, de ces plantes malades, une forme de *Fusarium oxysporum*. L'inoculation de ce germe à des tubercules sains a montré que *F. oxysporum* est bien la cause des flétrissements observés (notamment en Bretagne). Toutefois, l'étiologie de la maladie présente encore des inconnues, notamment en ce qui concerne son évolution dans le tubercule. — M. **Domingo M. Gomez** : *Décroissance en fonction du temps de la pression artérielle. Sa détermination chez l'homme par un dispositif piézoélectrique.* L'étude d'un piézogramme artériel humain montre que la pression du sang dans les artères, une fois l'influence du cœur supprimée, décroît suivant une loi exponentielle en fonction du temps. Cette loi exponentielle de décroissance trouvée chez l'homme est bien une loi générale, car, étudiée avec le même appareil, la même loi se retrouve sur un modèle physique. — MM. **Léopold Nègre**, **Albert Berthelot** et **Jean Bretey** : *Action du stéarate d'éthyle sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du cobaye.* Chez des Cobayes infectés par un virus tuberculeux, soit humain, soit bovin, les lésions apparaissent beaucoup plus tardivement quand ces animaux sont soumis à l'action régu-

lière du stéarate d'éthyle. Ce produit paraît faciliter un processus de sclérose ; on constate en effet à l'autopsie la présence, dans les ganglions, de lésions fibrocaséeuses, et de collagène abondant dans la rate. — M. **Pierre Drach** : *L'eau absorbée au cours de l'exuviation, donnée fondamentale pour l'étude physiologique de la mue. Définitions et déterminations quantitatives.* Définition des différents rapports qui permettent de caractériser avec précision l'accroissement pondéral et linéaire d'un Crustacé au moment de la mue et de l'absorption d'eau concomitante. Ces rapports sont particulièrement élevés chez *Maia squinado*, dont la croissance est très rapide, et particulièrement faibles chez *Xantho floridus*, dont la croissance est lente. — Mme **Véra Dantchakoff** : *Sur les facteurs déterminant les caractères sexuels secondaires.* Les caractères sexuels secondaires sont-ils fonction du tissu germinal ou d'un tissu incrétoire spécial, différent dans les deux sexes? De nouvelles preuves, en faveur de la deuxième manière de voir ont été obtenues. Elles sont de deux ordres : 1° Réalisation de caractères secondaires dans des poussins dont les cellules germinales ont été tuées et ont disparu, bien avant l'édification différentielle des tissus gonadiques ; 2° réalisation et maintien de caractères secondaires dans des femelles par transformation, en conformité avec des tissus sexuellement hétérologues. — Mlle **N. Choucroun** : *L'électrisation superficielle, caractère spécifique des bactéries.* Une espèce bactérienne *sauvage* apparait comme constituée par juxtaposition de populations ayant chacune son hérédité propre, sortes de lignées pures à courbe de répartition fixe en ce qui regarde l'électrisation, pouvant se comparer aux *lignées pures* mises en évidence pour des formes vivantes élevées, en ce qui regarde d'autres caractères. Et l'électrisation superficielle apparaît comme un caractère permettant de définir la variété pure, au même titre que tout autre caractère spécifique.

Séance du 2 Juin 1936.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. E. Dickson** : *Résolution du problème de Waring.* — M. **G. Kunetz** : *Sur quelques propriétés des fonctions caractéristiques.* — M. **A. Rosenblatt** : *Sur la représentation conforme des domaines bornés limités par des courbes générales.* — MM. **A. Toussaint** et **S. Pivko** : *Veine plane libre. Influence sur les caractéristiques aérodynamiques des ailes sustentatrices.* — M. **G. Sabathe** : *Sur l'origine et la suppression de la discontinuité dans la résistance hydrodynamique des flotteurs d'hydravion.* L'auteur attribue cette discontinuité aux dépressions accompagnées ou non de cavitation qui se produisent sous le flotteur, en particulier en arrière du redan. En établissant une communication entre cette région et l'atmosphère, il a supprimé les dépressions et cavitations et, par voie de conséquence, la discontinuité de la courbe de résistance ; le gain de résistance peut atteindre ainsi jusqu'à 25 %. — M. **V. Maître** : *Sur la couleur des étoiles de types spectraux* Ao, A². Les hypothèses d'un effet de distance et d'un effet de magnitude absolue sur la couleur de 335 étoiles ont été examinées successivement. Les résultats obtenus s'interprètent plutôt dans le sens d'un effet de magnitude absolue, sans toutefois exclure un effet de distance pour les étoiles plus lointaines.

2° Sciences physiques. — M. **W. Arkadiew** : *La relation magnétodynamique entre les pertes visqueuses et la perméabilité dans les champs très faibles.* Sur un intervalle de plus de trois octaves, la décroissance de la perméabilité calculée théoriquement est égale à la décroissance réelle. A droite de cet intervalle, la décroissance est plus grande que la valeur calculée ; à gauche elle est moindre. — M. **Th. V. Ionescu** : *Décharges lumineuses observées dans le champ magnétique à des pressions inférieures à 10^{-4} mm. de mercure.* Phénomènes qui se passent dans un tube à gaz ionisé à deux grilles et caractérisés par l'apparition, dans l'axe du tube, d'un filament lumineux violet, qui peut atteindre les dimensions d'un cylindre lumineux. — M. **Capdecomme** : *Rôle des flux parasites dans les mesures des pouvoirs réflecteurs effectués à l'aide du microscope.* — M. **A. Morette** : *Point de fusion de l'oxytrichlorure de vanadium et du tétrachlorure de vanadium. Analyse thermique du système chlore-tétrachlorure de vanadium.* $VOCl^3$ fond à — 77°C. ± 2°, VCl^4 à — 28° C. ± 2°. L'examen des courbes données par l'analyse thermique montre qu'il ne se fait pas, à basse température, de combinaison entre Cl et VCl^4. — M. **R. Wurmser** et Mme **S. Filitti-Wurmser** : *Sur l'équilibre entre l'alcool isopropylique et l'acétone en présence de l'alcool déshydrase.* — Mme **M.** et M. **R. Freymann** : *Les spectres d'absorption infrarouges et Raman des amides et anilides et la structure de ces composés.* L'étude de ces spectres infirme les formules classiques. Il faut envisager des formules nouvelles, introduisant des valences de coordination, et peut-être l'hypothèse de la semi-valence monoélectronique de J. Perrin. — M. **R. Amist** : *Adsorption de mélanges binaires d'acide acétique et de quelques alcools en solution aqueuse.* Chacun des deux corps dissous est, à égalité de concentration, moins adsorbé par le charbon que s'il était seul en solution. L'ordre d'absorbabilité des divers alcools est indépendant de la concentration en acide. La présence d'un alcool entraîne une diminution de l'adsorption de l'acide acétique d'autant plus grande que l'alcool ajouté est lui-même plus adsorbable pris isolément. — M. **M. Engeldinger** : *Etude d'une solution colloïdale préparée à partir des résines de résorcine et de formol.* Etude de la floculation produite par un même acide en solution de plus en plus diluée (le radical de l'acide ne joue qu'un rôle secondaire dans la floculation) et de l'effet protecteur exercé par l'addition préalable de Li Cl. — Mme **L. Walter-Lévy** : *Contribution à l'étude des sulfates basiques de magnésium.* En prolongeant la durée de la réaction qui donne naissance au sulfatocarbonate basique de Mg, celui-ci se transforme en un sulfate basique $6\,MgO.\,SO^3.\,8\,H^2O$. — MM. **Ch. Dufraisse** et **M. Gérard** : *Oxydes organiques dissociables et structure anthracénique. Propriétés du photooxyanthracène.* Par ses transformations chimiques, le photo-oxyanthracène se place à côté de l'anthrahydroquinone et de l'oxanthrone, dont il est l'isomère, mais il s'en écarte par son pouvoir oxydant, dû à sa fonction peroxydique. — MM. **G. Dupont** et **R. Dulou** : *Sur les pyronènes.* Les pyronènes, produits de pyrogéna-

ion du pinène à 350°, renferment deux doubles liaisons conjuguées, dont la présence est prouvée par les spectres Raman, par hydrogénation et par la réalisation avec ces corps de quelques synthèses diéniques. — MM. **J. Cabanes** et **A. Rousset** : *Mesure du facteur de dépolarisation des raies Raman dans les gaz : azote, oxygène, gaz carbonique*. Le facteur a été déterminé par photographie dans les gaz sous la pression atmosphérique avec des temps de pose ne dépassant pas 24 heures. Il possède les valeurs suivantes N $0{,}16_1 \pm 0{,}015$; O $0{,}26_1 \pm 0{,}010$; CO^2 $0{,}19_8 \pm 0{,}10$. — M. **A. P. Rollet** : *Sur le polymorphisme du pentaborate de potassium* $5\,B^2O^3.K^2O$. Ce corps se présente sous la forme de trois variétés cristallines (α, β, γ). C'est α qui est stable au point de fusion (780°). La transformation $\alpha \rightleftarrows \beta$ (équilibre stable) se fait à 720°. La transformation $\alpha \leftrightarrows \beta$ (équilibre métastable) se produit à 690°.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **Philibert Russo** : *Sur le Lias de l'extrémité septentrionale du Moyen Atlas*. L'auteur a recueilli une faune assez abondante pour permettre d'être affirmatif sur la présence, dans la région étudiée, du Pliensbachien fossilifère, reposant sur les assises grises à silex, de telle sorte qu'il y a les plus grandes chances pour que la série y soit continue depuis le Sinémurien. De plus, à l'Ouest de Taourirt, dans des assises calcaires, on a pu découvrir un gisement exigu, mais riche de fossiles domériens, faisant la liaison entre le Domérien des Beni Snassen et celui des monts du Sud du couloir Taza-Oudjda. — M. **Josué Heilmann Hoffet** : *Découverte du Crétacé en Indochine*. La découverte, dans le Bas-Laos, de nombreux gisements de Lamellibranches et de restes de Dinosauriens, permet de penser qu'on se trouve en présence d'une mer épicontinentale à caractères lagunaires vaseux, habitat, d'après C. Wiman, des *Hadrosaures*, se trouvant en bordure d'un continent. En divers points (Keng Kok ; Ban Lao) cette mer a laissé des dépôts de sel, en d'autres (Dong Hen) des masses considérables de gypse. Son âge, indiqué par les Trigonies et les Hadrosaures, est crétacé, probablement cénomanien. — M. **Aimé Rudel** : *Flore, faune et origine des pépérites du puy de Mur (Limagne d'Auvergne)*. Les pépérites sont des tufs volcaniques singuliers, que l'on trouve toujours étroitement liés aux formations lacustres oligocènes de la Limagne. Ces pépérites font partie intégrante du complexe sédimentaire obligocène, tant par leur florule, leur faune, que par leurs conditions de gisement. Ce sont des formations pyroclastiques sous-lacustres. — M. **Marcel Gautier** : *Sur la paléogéographie de la région de Nemours (Algérie)*. Pour le Secondaire de cette région, l'auteur a mis en évidence l'existence de trois zones paléogéographiques : 1° au Sud, un bassin jurassique qui, dès le Lusitanien, évolue vers l'émersion ; 2° au Centre, un bombement géanticlinal constitué par du Paléozoïque figé (horst) ; la série secondaire y est réduite à la première moitié du Jurassique, et encore avec des lacunes ; 3° au Nord, une véritable fosse de subsidence où s'accumule à partir du Jurassique moyen, et pendant tout le Secondaire, une importante série compréhensive. — M. **H. Grisoelet** : *Étude de la lumière diffusée par les particules en suspension dans l'air*. — M. **Ong Sian Gwan** : *Sur la présence de sensibilisatrices antispermatozoïdes dans le sang de l'homme et de la femme*. Le sang de l'homme, aussi bien que celui de la femme, peut fixer l'alexine en présence du sperme humain comme antigène. Le pourcentage des réactions positives qui est 100 pour 100 chez les filles et les garçons au-dessous de 16 ans, diminue chez les adultes (55,8 pour 100 chez la femme et 81 pour 100 chez l'homme). L'âge ne semble pas jouer un grand rôle parmi les adultes. Il ne semble pas y avoir de relation entre les groupes sanguins et cette réaction.

Séance du 8 Juin 1936.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **E. Baticle** : *Sur le problème des rencontres*. — M. **S. Cherubino** : *Fonctions holomorphes de matrice*. — M. **L. Pomey** : *Propriétés harmoniques générales des involutions unicursales d'ordre n*. — M. **R. Lagrange** : *Sur une inégalité de Hobson*. — M. **Al. Weinstein** : *Sur l'équation des vibrations d'une plaque encastrée*. — Mlle **N. Bary** : *Sur la nature diophantique du problème d'unicité du développement trigonométrique*. — M. **D. Riabouchinsky** : *Le paradoxe de d'Alembert aux vitesses supersoniques*. — M. **J. Hely** : *Application d'une théorie synthétique de la relativité aux orbites des planètes*. La théorie de l'auteur entraine, pour la planète Mercure, une progression du périhélie de 43″ d'angle par siècle. — M. **Ch. Platrier** : *Le problème de Barré de Saint-Venant dans les milieux homogènes parfaitement flexibles*. La solution de Saint-Venant est valable pour des milieux isothermes parfaitement flexibles caractérisés par 13 coefficients de Lamé indépendants et 13 au plus. — M. **Imai-Isao** : *Sur la stabilité de la double file de tourbillons dans un canal rectiligne*. — MM. **A. Toussaint** et **S. Pivko** : *Influence des limitations d'une veine fluide sur les caractéristiques aérodynamiques des ailes sustentatrices. Vérifications expérimentales*.

(*A suivre*.)

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens.—10-36.